KINEMATIK DER UNTERKIEFERBEWEGUNG
EINE EXPERIMENTELLE STUDIE

GEORG BENDEL

Diss
München
1984

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41534901_0001

Aus der Poli-Klinik für zahnärztliche Prothetik
der Universität München

Direktor: Prof. Dr. E. Kraft

KINEMATIK DER UNTERKIEFERBEWEGUNG
EINE EXPERIMENTELLE STUDIE

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnmedizin
an der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Georg Bendel

aus

München

1984

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. P. Fuchs

Mitberichterstatter: Prof. Dr. E. Kraft

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 19.07.1984

Herstellung: Hieronymus Buchreproduktions GmbH, München

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

A. EINLEITUNG - KINESIOLOGIE 1

I. Dynamische Kieferbewegungsuntersuchungen - Literaturübersicht 2

II. Verständnis und Auffassung des stomatognathen Systems 5

III. Neurophysiologie des Kauvorgangs 7

IV. Grenzbewegungen 10

B. SIROGNATHOGRAPH 12

I. Das System 12

II. Störfaktoren 16

III. Ausrichten des Kopfgestells 16

C. ZUM SYSTEMVERSTÄNDNIS DER ÜBERTRAGUNGSWEISE VON DER MAGNET-POSITION BEIM SIROGNATHOGRAPH 17

Nomenklatur - Definitionen - Abkürzungen 17

I. Ziel der Untersuchungen 19

1. Translation 19

2. Rotation 19

3. Translation mit Rotation 19

4. Literaturübersicht 19

II. Untersuchung der Translation 20

1. Methode 20

1.1. Beschreibung der Hilfselemente 20

1.2. Bewegungsmuster 21

1.3. Untersuchungsgang I 24

1.4. Untersuchungsgang II 24

1.5. Methodenkritik 24

2. Ergebnisse 30

III. Untersuchung der Rotation 31

Seite

1. Methode 31

1.1. Beschreibung der Hilfselemente 31

1.2. Untersuchungs- und Bewegungsmuster 33

1.2.1. Untersuchung der Rotation um die Z-Achse 33

1.2.2. Untersuchung der Rotation um die X-Achse 34

1.2.3. Untersuchung der Rotation um die Y-Achse 43

1.3. Methodenkritik 43

2. Ergebnisse 45

2.1. Rotation um die Z-Achse 45

2.2. Rotation um die X-Achse 45

2.3. Rotation um die Y-Achse 45

2.4. Auswertung der Rotationen um die X- und Z-Achsen 46

IV. Untersuchung der Translation und Rotation 47

1. Methode, Bewegungsmuster und Untersuchungsdurchführung 47

1.1. Methodenkritik 47

2. Ergebnisse 59

V. Folgerungen und Erkenntnisse 60

1. Forderung an die Reponierbarkeit des Magneten 60

2. Übertragbarkeit der aufgezeichneten Bewegungen auf die tatsächlich vorhandenen 61

3. Interpretationsversuch des Systemverhaltens 61

VI. Magnetpositionierer 65

1. Einleitung - Verbesserungsnotwendigkeit des Systems 65

2. Beschreibung des Magnetpositionierers 65

3. Praktische Anwendung 67

4. Optimierung der Übertragbarkeit durch die "Bewegungsfelder" 67

5. Zusammenfassung 69

Seite

D. BEWEGUNGSUNTERSUCHUNGEN 71

I. Ziel der Untersuchungen 71

II. Methode 72

1. Ablauf der Untersuchung am Patienten 72

2. Ablauf der Untersuchung am SAM-Artikulator 73

3. Bewegungsvergleiche (i-iiii) 73

III. Hilfselemente 74

IV. Patientenuntersuchung 74

V. Untersuchung am Artikulator 80

VI. Methodenkritik 84

Ergebnisse 85

VII. Bewegungsmustervergleiche 85

i) Variabilität der gleichen Bewegung (Patient) 85

ii) Bewegungsmustervergleich 85

iii) Kaumuster à Grenzbewegungsmuster 85

iiii) Grenzbewegungsmustervergleich Patient - Artikulator 86

VIII. Individuelle Analyseauswertung (No. 1-20) 287

a) Funktionsanalytische Charakteristik 287

b) Individuelle Bewegungscharakteristik 287

c) Individuelle Bewegungsvergleichsergebnisse 288

IX. Zusammenfassung der individuellen Bewegungsergebnisse 310

1. Übergangsschärfe 310

2. Schlingenaufzeichnung 312

3. Medianisierung 313

4. Überschwung 313

5. Empfundene Mitte 315

6. Seitendominanz bei "vaz" 316

7. Beobachtungen der "vaz"-Bewegungsfolge in der XZ-Ebene 317

7.1. S-förmiger Verlauf der a-z-Bahn 317

Seite

7.2. Crossing-over bei der vaz-Bahn 318
7.3. Schlußmuster v-z retral z-a 319

8. Veränderung des Kaumusters 320

X. Allgemeine Bewegungsvergleichsergebnisse 323

i) Variabilität der gleichen Bewegung 323

1. Reproduzierbarkeit der Bewegungs-"Mitte" 323
2. Bahnendivergenz 323

ii) Bewegungsmustervergleiche 324
iii) Kaumuster à Grenzbewegungsmuster 326

1. "Innerhalb" des Grenzbereiches 327
2. "Am" Grenzbereich 328

iiii) Grenzbewegungsmustervergleich Patient - Artikulator 328

XI. Diskussion 329

1. Widerspruch der mechanischen Systemauffassung 329
2. Individualität der Bewegungsmuster 330
3. Raumordnungsgefühl und Zahngleitbewegungen 332
4. Bewegungskoordination 333
5. Rückschlüsse auf das Kiefergelenk 334
6. Meidemechanismen 334
7. Schlußfolgerung 335

E. ZUSAMMENFASSUNG 336

SCHRIFTTUM 337
LEBENSLAUF 350
DANKSAGUNG 351

KINEMATIK DER UNTERKIEFERBEWEGUNG
Eine experimentelle Studie

A. EINLEITUNG - KINESIOLOGIE

Eine systematisierte und standardisierte Funktionsanalyse des gesamten stomatognathen Systems wird immer mehr als Voraussetzung der sicheren Diagnose und Therapie erkannt und praktiziert.

Als Modell eines solchen Analysesystems wäre z.B. ein chronologischer Ablauf von Anamnese, Muskelanalyse, einer neurologischen Untersuchung, einer klinischen Überprüfung der Unterkieferbewegungen, die Überprüfung der Kiefergelenke, Parodontalbefund und eine Röntgendiagnose zu sehen.

Greift man aus der Kette der Arbeitsgänge die Muskeluntersuchung, die neurologische Untersuchung, die klinische Überprüfung der Unterkieferbewegungen und die der Kiefergelenke heraus, so gelangt man zur Kinesiologie - der Lehre über die menschlichen Bewegungen, die die Art und Weise, in welcher sich die Bewegungen ereignen, bei der Berücksichtigung von zusammengesetzten Informationen aus den Bereichen der Anatomie, Physiologie und der Mechanik, zu erklären versucht. (66)

In folgender Arbeit wird der Autor mit dem Sirognathographen (Siemens AG, Bensheim) die Kinematik der Kieferbewegungen untersuchen, einem Gerät, das nahezu interferenzfrei die okkluso-artikulären Verhältnisse und die freien Unterkieferbewegungen räumlich zu erfassen ermöglicht.

I. Dynamische Kieferbewegungsuntersuchungen - Literaturübersicht

Die Bewegungen des Unterkiefers beim Kau- und Schluckakt bestimmen die funktionellen Zahnkontakte sowie die Belastungsrichtungen der Zähne. Sie sind daher für die gesamte restaurative Zahnheilkunde von zentraler Bedeutung. Dies gilt besonders für die Prothetik, da die Funktionstauglichkeit eines Ersatzes von der Harmonie mit der Funktion des Kiefers, d.h. den Bewegungen und Stellungen beim Kau- und Schluckakt, abhängig ist.

Auch für die Orthodontie in ihrer Aufgabe der Einstellung der Zähne zu optimaler Funktion, für die konservierende Zahnheilkunde bei der Kauflächengestaltung und Retentionsform der Füllungen und für die Parodontologie ist die Kenntnis der Kraftrichtungen und Kraftansatzpunkte, die den Zahnhalteapparat in der Funktion treffen, von vitaler Bedeutung. Die Chirurgie muß bei der Reposition oder operativen Umstellung von Kieferfragmenten und in der Kombination mit kieferprothetischen Aufgaben ihre Maßnahmen mit den Bewegungsbahnen des Kiefers koordinieren, um den Erfolg der Behandlung zu sichern. (14)

Aus der Bedeutung des Fragenkomplexes ergibt sich die außerordentlich große Anzahl der Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet.

Eine der ersten kinetischen Analysen führte Ulrich (191) 1896 durch. Er photographierte am Unterkiefer befestigte Silber-Bällchen. U.a. bei der Seitwärtsbewegung stellte er "side shift" fest.
1908 machte Bennett (11) mit einem ähnlichen optischen Verfahren (90, 134, 192) die gleiche Beobachtung, die als Bennett-Bewegung seinen Namen trägt.
Beyron (16) nahm die Kauzyklen der australischen Eingeborenen auf, deren Lippen ausgeschnitten waren.
Hickey (87) bohrte einen Metallpin in die Kondylen, ein weiterer war am Unterkieferfrontzahn befestigt. Die Bewegungen wurden dreidimensional mit Kameras aufgenommen.
Technisch verbessert wird diese Methode teils als optoelektronisches Verfahren (77, 91, 107, 194) in jüngster Zeit wieder angewendet. (171, 174)

Gysi arbeitete an der graphischen Aufzeichnung von Grenzbewegungen des Unterkiefers mit einem extraoralen Schreibstiftsystem. Er entdeckte 1908 die Aufzeichnung der lateralen Grenzbewegung auf einer horizontalen Platte als Pfeil (161) (Gotischer Bogen). Diese Aufzeichnung, intraoral, dient heute noch zur Bestimmung der Kieferrelation und findet in der Funktionsanalyse von Gerber ihre Fortsetzung. (53-58, 60)
1930 zeichnete Spreng die Grenzbewegung an gelenknah angebrachten Platten. (10, 184)

In Amerika wurden die Erkenntnisse von der 1938 gegründeten Gnathologen-Schule aufgegriffen. (161) Daraus entwickelten sich der

Stuart-Pantograph, (187, 188)
Denar-Pantograph, (78)
Lee-Pantograph (30, 37, 124) und
Axiograph (177).

In den 50er Jahren wurden die Grenzbewegungen in der Sagittalebene von Posselt analysiert (151-153) (Posselt'sches Diagramm).

Die Analysen der Grenzbewegungen sind die Grundlage der modernen Gnathologie und haben die mechanische Auffassung der Unterkieferbewegung geprägt. (9, 23, 34-36, 119, 121, 150, 187, 188)

Mit einer elektromechanischen Methode, Zahnkontakte zu registrieren, fing Jankelson 1953 an. (96)
Messermann (145) stellte mit ähnlichen Verfahren die mandibulären und kondylären Bewegungen dreidimensional dar.
Joniot (106) nahm durch die Messung des Kieferabstands mit Metallsonden die Bewegung der Kiefer auf.
Mit einem Mandibulographen, der über einen Stab am Unterkiefer befestigt ist, hatten Goodson und Johansen (71) über sechs Transduktoren die Kinetik dreidimensional aufgezeichnet.
Machens und Heners (140) verwendeten dafür drei Potentiometer.
1961 beschrieben Brewer und Hudson (25) die Telemetrie, eine Methode, bei der über in Brückengliedern integrierte elektronische Mikro-

bausteine Zahnkontakte gemessen werden können.
Adams und Zander (1) kombinierten diese Methode mit der Elektromyographie und wiesen excentrische Zahnkontakte nach. Weitere Studien über zentrische und excentrische okklusale Kontakte folgten. (26-28, 64, 65, 70, 154, 166)

Auch in diesem Verfahren wird der neuromuskulär gesteuerte Bewegungsablauf durch die extraoral herausgeführten Anschlüsse gestört. (98)

Immer mehr Autoren (99, 126, 141, 175) sind der Meinung, daß nur interferenzfreie Verfahren, d.h. von Gewicht und mechanischen Reizen unbeeinflußte Bewegungsanalysen, eine Beurteilung der tatsächlichen funktionellen Abläufe im stomatognathen System ermöglichen.

So werden die Kondylenbahnen durch röntgenologische Verfahren mit Aufnahmen bei verschiedenen Kondylenpositionen, (17, 86, 94, 144, 147, 198) kephalometrischen Röntgenserien (122) und der Röntgenkinematographie (13, 32, 40, 88, 89, 92, 157-159) beurteilt.

Auch mit dem Ultraschall werden die Kiefergelenke dargestellt. So arbeitete Spranger (182, 183) mit dem Vidoson und Preiskel (155) stellte die Bennett-Bewegung mit Ultraschallmessungen dar.

Die Unterkieferbewegungen werden nahezu interferenzfrei durch eine elektronische Methode aufgezeichnet, bei der die Lage eines am Unterkiefer angebrachten Magneten über ein Magnetometer (98) oder einen Hall-Transducer (126, 127, 129) dargestellt werden kann.

Diese Methode, Kinesiographie, wird von den Autoren meist überwiegend positiv bewertet. (61, 72-75, 80, 81, 97, 100-104, 110).

Salomon und Waysenson (164) beschreiben eine Methode (96, 109) mit einer radioaktiven Quelle, die auf die Haut oder in die Kavität eines Zahnes gebracht wird. Die Kieferbewegungen können dann mit einer Gamma-Kamera aufgenommen und dann dreidimensional aufgezeichnet werden.

Mit der Sonographie (5, 39) kann man zwar interferenzfrei arbeiten, die Unterkieferbewegung wird aber nicht erfaßt. Mit dieser Methode kann man höchstens die Frühkontakte ermitteln.

II. Verständnis und Auffassung des stomatognathen Systems

Der Anreiz für frühere Kieferbewegungsstudien stand oft mit der Entwicklung von Artikulatoren im Zusammenhang. (138) Es bestand der Wunsch und die Notwendigkeit, für den Patienten eine balancierte Okklusion herstellen zu können. Der Ausgangspunkt befand sich immer in der distalsten Gelenksgrenzposition. Viele Artikulatoren von verschiedener Komplexität wurden entwickelt. Die ersten kamen 1878 von Bonwill (19, 20), 1865 von Balkwill (8), 1890 von Walker (193), 1907 von Bennett (11), 1900 von Snow (180), 1910 von Gysi (79) und 1922 von Hanau (85).

Es entstand eine mechanische Auffassung vom stomatognathen System: das Postulat von der Knochen- und Bandführung. Nach dieser Vorstellung gleitet der Kondylus bei der Vorschubbewegung an dem Tuberculum articulare entlang. Die Führung im Gelenk ist präzis und von Bändern begrenzt. (120, 135, 150, 153)

Es sind meistens graphische Verfahren, die diese Vorstellung unterstützen. So werden Bewegungsaufzeichnungen verglichen, die zunächst frei ausgeführt wurden, dann aber unter Vollnarkose und Curareeinfluß (150) oder unter Belastung (135). Es wurden Pfeilwinkel bei Leichen (nur Ligamente intakt) untersucht. (4) Auch mit Hilfe von Computern (139, 143) versuchte man, hinter die Mechanik der Bewegungen zu kommen. (6, 148)

Doch auch sehr viele Analysen vertraten das Postulat der neuromuskulären Führung im stomatognathen System.

Ulrich (191) vertrat schon 1896 die Meinung, daß die Bewegung Ausdruck der synergistischen Aktion der Muskulatur sei und bei der Be-

wegung keine festen Achsen feststellbar wären. Es gibt widersprüchliche Ergebnisse bei ähnlicher Versuchsanordnung.

So widerspricht Boucher (21, 22) den Angaben über die Aufzeichnung des Pfeilwinkels an Leichen. (4)
Auch Posselt (150) arbeitet mit Vollnarkose und Curare. Er verdrängt den Unterkiefer dorsal 2 mm über die Spitze des Pfeilwinkels und folgert daraus, daß die Kondylenbahn durch eine neuromuskuläre Führung bestimmt ist.
Die oben genannten Untersuchungen von Hickey (87) (Beobachtung des in Kondylus eingebohrten Pins) beweisen, daß die Unterkieferbewegung und Kondylenführung nicht nach festgenormten Bahnen ablaufen und daß sie von einer Bewegung zur anderen verschieden sind.

Die röntgenkinematographischen Untersuchungen ergaben, daß die Kondylenbahn in weiten Phasen der Bewegung keine mit den morphologischen Strukturen des Kiefergelenks korrelierende Bewegungsbahn darstellt. (40, 88, 89, 114, 157-159)

Die Auffassung, daß der Diskus als verlängerte Sehne des oberen Bauches des Musculus pterygoideus lateralis anzusehen ist, konnte auch von Puff (157) bestätigt werden. Auch die histomorphologischen Hinweise, (93) daß das Gelenk nicht druckbelastet ist, werden erhärtet. (157-159) Musculus pterygoideus lateralis ist sowohl an feinnuancierten Bewegungen, wie sie beim Singen und Sprechen auftreten, als auch an mechanisch belasteten Bewegungen beteiligt. (12, 33, 45, 46, 123, 191)

Auch die Ultraschalluntersuchungen von Preiskel (155) verdeutlichen, daß weder eine feste Achse noch eine mechanische Führung im Kiefergelenk festzustellen ist.

Neuere Aspekte zur Funktion des stomatognathen Systems ergaben elektromyographische Aufzeichnungen. (31, 41-44, 47-49, 67-69, 115-118, 132, 146, 149, 156, 163, 169, 185, 196)

So tritt in scheinbar völliger Ruhe der Kaumuskulatur keine Ruheak-

tivität auf. Die Okklusionsstellung entspricht nicht der normal entspannten Ruhelage. Die Führungsrolle der Muskulatur wird bestätigt, die neuromuskuläre Koordination und Inkoordination bei Kiefergelenkbeschwerden verdeutlicht. (2, 95)

Die meisten elektromyographischen Methoden widersprechen der mechanischen Auffassung der Unterkiefer- und Kondylenbewegung.

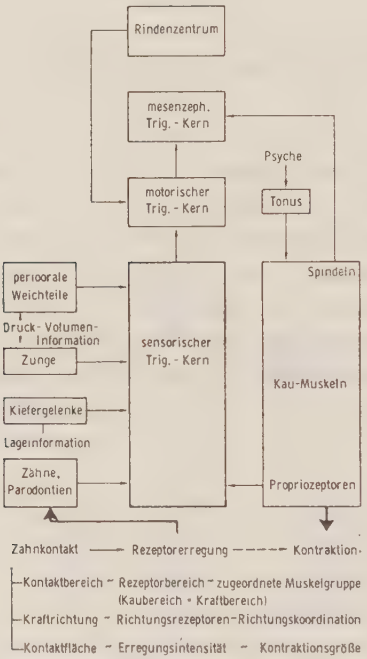
In der jüngsten Zeit wird zurecht das stomatognathe System sogar als ein biologisches System angesehen. (141) So ist im mechanischen System die Kinematik von den beteiligten Strukturen abhängig, im biologischen System ist das keine absolute Notwendigkeit. Im mechanischen System kann man kalkulieren bzw. rechnen, im biologischen System kann man nur messen und nicht kalkulieren. Die Vorhersehbarkeit und der Grad der Wiederholbarkeit ist in der Mechanik sehr hoch, im Gegensatz zur Vorhersehbarkeit in biologischen Systemen.

III. Neurophysiologie des Kauvorgangs

Wir können nicht über das stomatognathe System sprechen, ohne die neurophysiologischen Grundlagen zu kennen. Sie ergeben sich entwicklungsgeschichtlich aus der Integration der Kiemenbogennerven.

Der mandibulomaxilläre Bewegungsapparat hat sich zu einem komplizierten Organsystem mit zahlreichen Funktionen entwickelt: über die Nahrungsaufnahme, -zerkleinerung und die Anfänge ihrer Verdauung, zur Sprachfunktion, Ausdruck der Psyche und Charaktereigenschaften. Um bei den Kaubewegungen zu bleiben, würde ein Schema der neurorefl ektorischen Steuerung der Kaubewegung vereinfacht wie folgt aussehen: (108, 170)

Abbildung 1: Schema der Neurophysiologie des Kauvorgangs



Beim Kauen von Nahrung, das über das Biofeedback-System (51, 52) gesteuert wird, geht in erster Linie von der Zahnbelastung, (3, 29, 133, 142) dann von der Parodontolbelastung, Rezeptoren der perioralen Weichteile, der Zunge, Kiefergelenkskapseln, (38) eine Vielzahl von Informationen an den sensorischen Trigeminuskern. Diese und Afferenzen aus der Muskulatur werden unter Beteiligung eines entsprechenden Rindenzentrums (auch willkürliche Kaubewegungen sind möglich) zu einem Informationsmuster verarbeitet, das über den motorischen Trigeminuskern gezielte Efferenzen an die antagonistisch koordinier-

ten Muskelgruppen gibt, aus deren isotonischen Konstruktionsabläufen schließlich die dreidimensionale zyklische Kaubewegung des Unterkiefers resultiert. (130)

Die reflektorische Koordination des Systems ist darauf abgestimmt, den zu kauenden Bolus an optimaler Stelle zwischen den Zahnreihen zu "halten".

Bei direkten Zahnkontakten (15) gehen von deren Rezeptoren hemmende Schutzimpulse aus, die die Unterkieferelevatoren inhibieren und die Öffner aktivieren. Außer beim Schluckakt, der durch Konsistenz und Volumeninformationen reflektorisch ausgelöst wird. So werden die Kiefer für ca. eine Sekunde durch isometrische Kontraktionen geschlossen, meistens mit höherer Kontraktionsleistung als bei der Mastikation. (138)

Auch die direkten und indirekten Zahnkontakte über die paradontalen und auch über Rezeptoren in der Pulpa und in den Zahnhartsubstanzen, (128, 133, 190) Afferenzen über den Kontaktbereich, die Kraftrichtung und die Kontaktfläche (84, 173) tragen zur koordinierten Funktion des Muskelsystems bei. (170)

Tonus beeinflussende Wirkungen wie Müdigkeit, Stress (76) u.a. greifen über das limbische System in die Regelkreise ein.

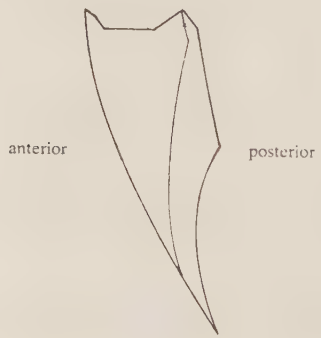
Die Kiefergelenke müssen neurophysiologisch, funktionell-anatomisch und entwicklungsgeschichtlich als "Lage- und Bewegungsinformationsorgane" verstanden werden. Sie haben nur akzesorische Aufgaben, den Muskeln die Möglichkeit zu geben, die Muskelkontraktion in Bewegung bzw. Kaudruck umzusetzen. (167)

Aus den neurophysiologischen Grundlagen wird deutlich, daß jeder der "inneren und äußeren Einflüsse", die auf ein Element des stomatognathen Systems treffen, dessen Gesamtfunktion beeinträchtigen müssen.

IV. Grenzbewegungen

Unterkieferbewegungen werden begrenzt von der Gelenkbahn, dem Bandapparat (Ligamente und Kapsel) der Gelenke und durch die Okklusionen. (111) In den drei Ebenen des Schädels aufgezeichnet, ergeben die Grenzbewegungen von dem Schneidezahnpunkt zwischen den Schneidekanten der beiden mittleren unteren Incisivi charakteristische "klassische" Muster. In der sagittalen Ebene ergeben sie das Posselt' sche Diagramm, (151-153) in der horizontalen den "Gotischen Bogen"

Abbildung 2: Das Posselt'sche Diagramm



(Gysi'sche Aufzeichnung (161)) und in der frontalen eine schildförmige Figur.

An dieser Stelle soll nur noch das räumliche Orientierungsvermögen gefordert werden (die Grenzbewegungsmuster und Positionen des Unterkiefers werden als bekannt vorausgesetzt (160)): z.B. das Grenzbewegungsmuster in der horizontalen Ebene "links-lateral, maximale Protrusion, rechts-lateral, maximale Öffnung, links-lateral", sieht im distalen Bereich wesentlich anders aus als "links-lateral, maximale Protrusion, rechts-lateral, habituelle Interkuspitation" (= "Go-

tischer Bogen") (siehe auch das Posselt'sche Diagramm "von oben").

Bei den Aufzeichnungen dieser Grenzbewegungsmuster wurde der Unterkiefer streng geführt, d.h. das stomatognathe System stand unter einem "Zwang", die neuromuskuläre Steuerung wurde "ausgeschaltet" (abgesehen von Schmerz-Schutzmechanismen). In diesem "künstlichen" Fall trifft die mechanische Vorstellung der Knochen- und Bandführung zu.

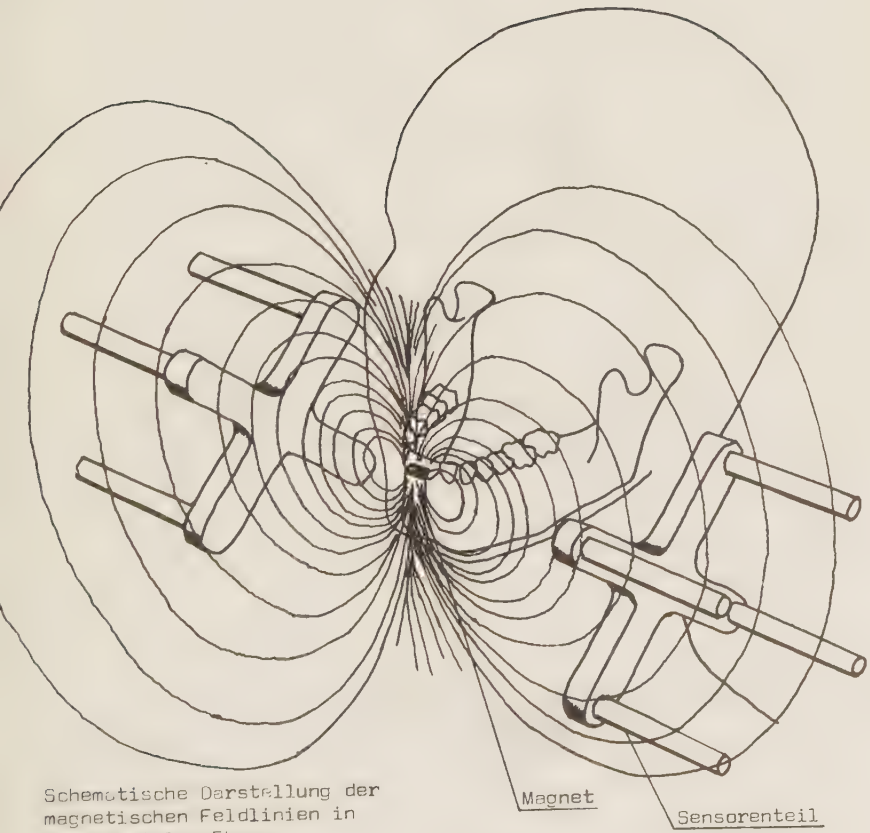
B. SIROGNATHOGRAPH

Für unsere Untersuchungen stand uns der Sirognathograph der Firma Siemens AG, Bensheim, zur Verfügung. Es ist ein elektronisches Gerät zur nahezu interferenzfreien Aufzeichnung von Unterkieferbewegungen. (126, 127, 129) Zuzuordnen ist diese Meßanordnung der Kinesiographie (nach 61, 75, 81, 98, 100-104, 110, 176)

I. Das System

Dem UK des Patienten wird ein Permanentmagnet mit drei verschiedenen Seitenlängen angeheftet, was dreidimensional ein magnetisches Feld mit drei verschiedenen Feldkrümmungen ergibt.

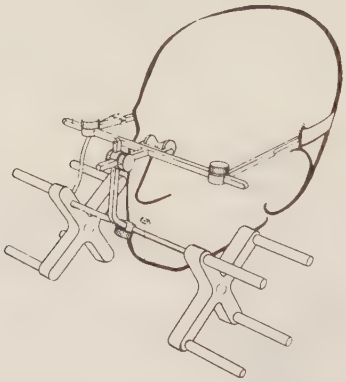
Abbildung 3:



Schematische Darstellung der magnetischen Feldlinien in der frontalen Ebene.

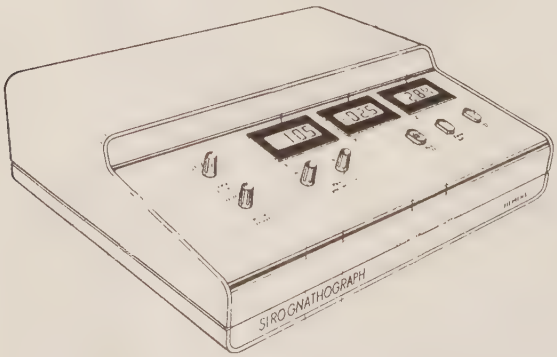
Die Lageveränderung des Magnetfeldes bei einer Kieferbewegung wird von einem am Patientenkopf positionierten Antennensystem erfaßt und als elektromagnetischer Impuls an eine Recheneinheit weitergegeben.

Abbildung 4: Das Kopfgestell



Die Recheneinheit bereitet die Antennensignale so auf, daß die Bewegungsgrößen x, y, z als analoge elektrische Spannungen zur Verfügung stehen.

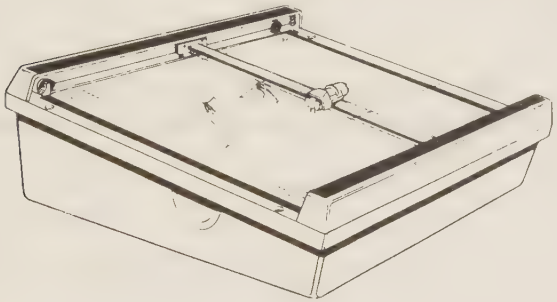
Abbildung 5: Die Recheneinheit



Das Verhältnis zwischen den Beziehungsgrößen und den elektrischen Spannungen soll innerhalb des ausnutzbaren Bereichs des Antennensystems linear sein. (176)

Die Bewegungen des Magneten werden als Projektionen auf die drei Schädelebenen (Sagittal-, Frontal- und Horizontalebene) wahlweise auf dem angeschlossenen Plotter (197) dargestellt. Der benutzte Schreiber arbeitet mit einer Funktionsbeschleunigung von 25,4 m/s^2 und der Genauigkeitsgrad von $\pm$ 0,25 % im Verhältnis zu 100 % des Skalenanteils. Mit einem Schalter kann die jeweils auf dem x-y-Schreiber darzustellende Ebene vorgewählt werden.

Abbildung 6: Plotter



Die im Sirognathograph integrierten Digitalanzeigen geben die Zahlenwerte der Bewegungsgrößen x, y, z in cm an.

II. Störfaktoren

Das Meßverfahren basiert auf dem Prinzip der Magnetfeldmessung. Demzufolge sind ferromagnetische Materialien, z.B. Eisen-, Nickelmetalle und magnetfelderzeugende Elemente wie Magnete, Motoren, elektrische Geräte aus dem Umkreisbereich des Kopfgestells fernzuhalten. Auch die Inhomogenität des Erdmagnetfeldes wirkt sich störend auf die Meßergebnisse aus.

III. Ausrichten des Kopfgestells

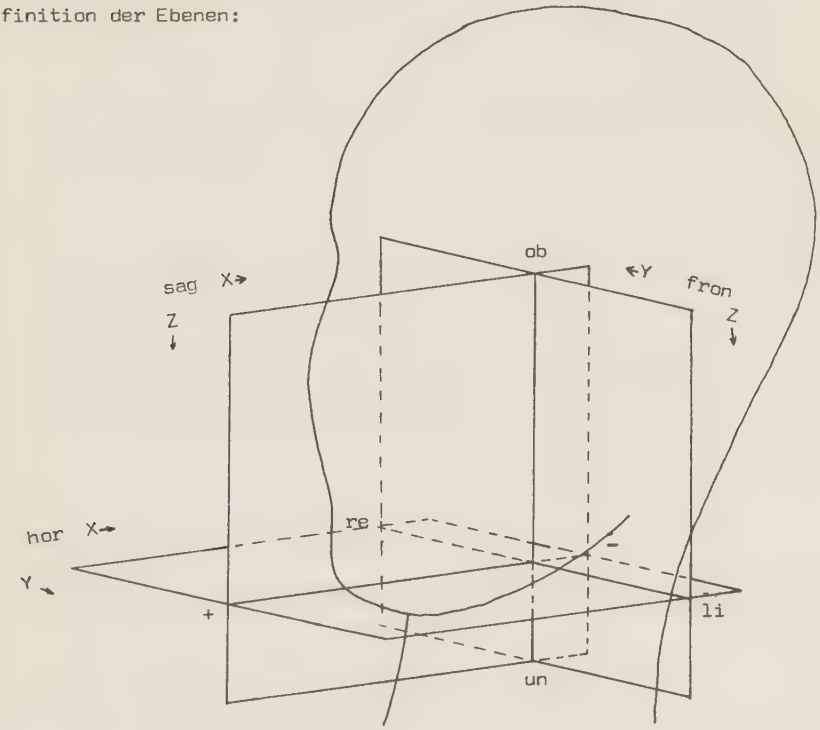
Beim Anbringen und Ausrichten des Kopfgestells sollte unbedingt der feste und symmetrische Sitz des Antennenteils beachtet werden. Das Kopfteil sollte seithin nach der Frankfurter Horizontalen,frontal parallel der Bipupillarlinie ausgerichtet werden.

Das Anbringen des Magneten bedingt eine Schienung von 2 bis 3 UK-Incisivi, d.h. das Tastempfinden der Zähne, vor allem der Eckzähne, wird kaum beeinträchtigt.

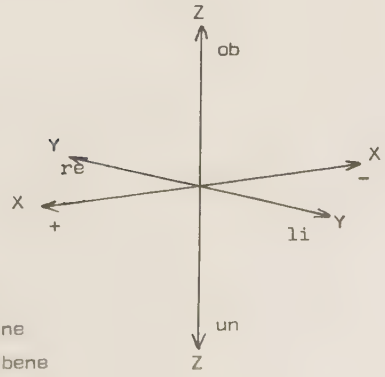
C. ZUM SYSTEMVERSTÄNDNIS DER ÜBERTRAGUNGSWEISE VON DER MAGNETPOSITION BEIM SIROGNATHOGRAPHEN

Nomenklatur - Definitionen - Abkürzungen

Definition der Ebenen:



Definition der Achsen:



Abkürzungen für die Ebenen:

sag=Sagittalebene= XZ Ebene

hor=Horizontalebene= XY Ebene

fron=Frontalebene= YZ Ebene

Definition der Lage auf den Achsen:

X-Achse: + = positives Zeichen = mesial = protrusiv
- = negatives Zeichen = distal = retrusiv

Y-Achse: li = linke Seite des Patienten
re = rechte Seite des Patienten

Z-Achse: ob = oben = cranial
un = unten = ventral

Definition der positiven und negativen Drehung bei der Rotation in den Ebenen:

hor: positive Drehung = von der Z-Achse oben (ob) auf die horizontale Ebene (hor), gesehen im Uhrzeigersinn

negative Drehung = von der Z-Achse ob auf die hor, gesehen gegen den Uhrzeigersinn

fron: positive Drehung = von der X-Achse + auf die fron, gesehen im Uhrzeigersinn

negative Drehung = von der X-Achse + auf die fron, gesehen gegen den Uhrzeigersinn

sag: positive Drehung = von der Y-Achse re auf die sag, gesehen im Uhrzeigersinn

negative Drehung = von der Y-Achse re auf die sag, gesehen gegen den Uhrzeigersinn

Rotation = Drehung um eine feste Achse, wobei jeder Punkt eine Kreisbahn beschreibt

Translation = geradlingie, fortschreitende Bewegung

I. Ziel der Untersuchungen

Nachdem wir einige Zeit mit dem Sirognathographen an Patienten gearbeitet haben, wollten wir die Arbeitsweisen des Systems, vor allem aber die Übertragung der Magnetposition vom Patienten auf den Monitor bzw. Koordinatenschreiber verdeutlichen und damit besser verstehen.

Es ist bekannt, daß der Unterkiefer Bewegungen ausübt, die aus der Translation und der Rotation zusammengesetzt sind. Deswegen haben wir die

1. Translation und die
2. Rotation

vom Permanentmagneten in der Relation zum Sensorensystem (Hall-Transducer) einzeln durchgeführt. Anschließend haben wir noch die Translation mit stufenweise erfolgter Rotation -

3. Translation mit Rotation

untersucht, um zu zeigen, welchen Einfluß die beiden Bewegungsarten aufeinander haben.

Translation mit gleichzeitiger Rotation konnten wir mit unserer Versuchsanordnung nicht durchführen.

4. Literaturübersicht

Die bisherigen Untersuchungen der Übertragungsgenauigkeit bei der kinesiographischen Aufzeichnungsmethode beschränkten sich meistens auf das Gerät K 5 (98) der Myo-Tronics Research INC (18, 83, 181) und ergaben meist erhebliche Differenzen.

Beim Sirognathographen wurden ähnliche Untersuchungen von Lewin und

Maruyama (141) vorgenommen.

II. Untersuchung der Translation

Bei der Überlegung der Translationsuntersuchung haben wir festgestellt, daß es bei der Arbeitsweise und Anordnung der Hall-Transducer im Sensorensystem genügt, die Translation in einer Ebene zu untersuchen und, ohne die Gefahr Fehler zu machen, die Ergebnisse auf die zwei restlichen Ebenen zu übertragen.

Wir haben uns für die Horizontalebene (hor) entschieden.

1. Methode

Der Magnet sollte in einer Ebene, also in zwei Dimensionen, eine geradlinige, fortschreitende Bewegung durchführen können - ohne Rotationseinfluß.

1.1. Beschreibung der Hilfselemente

Für die Translation haben wir einen Führungstisch konstruiert - Abbildung 7. Auf ein stabiles Kunstoffgehäuse mit Millimeterskala haben wir zwei senkrecht zueinander stehende Hauptschienen angebracht, die auch ihrerseits mit Millimetereinteilung versehen waren. Durch die Führungsschienen wurden die Hauptschienen festgehalten, und es wurde ihnen ein Bewegungsmuster aufgezwungen, das den angebrachten Magneten (siehe Abbildung) jede Stelle auf der zu untersuchenden Ebene annehmen läßt, die Stelle aber auch gleichzeitig in zwei Koordinaten aufzuschließen erlaubt. Beim Vergleich der Skaleneinteilung Hauptschienen - Gehäuseoberteil können wir den Magneten orten und die Translationsgrößen ablesen.

1.2. Bewegungsmuster

In der hor-Ebene.

1.2.1. Nachdem wir den Magneten an unserem Führungstisch angebracht haben, haben wir ihn vom 0-Punkt aus 24 mm protrusiv (+) (bzw. im Untersuchungsgang II - siehe 1.4. - 25 mm (+) - Fig. A', S. 28), dann zurück zum 0-Punkt und anschließend 25 mm retrusiv (-) bewegt.

Fig. A : 0 / 24 mm + / 49 mm - (siehe S. 26)
Fig. A': 0 / 25 mm + / 50 mm - (siehe S. 28)

1.2.2. Translation des Magneten vom 0-Punkt aus 10 mm protrusiv (+), 10 mm rechts (re), 20 mm retrusiv (-), 20 mm linkgs (li), 20 mm protrusiv (+), 10 mm rechts (re).

Fig. B : 0 / 10 mm + / 10 mm re / 20 mm - / 20 mm li /
20 mm + / 10 mm re (siehe S. 26)

Fig. B': 0 / 10 mm + / 10 mm re / 20 mm - / 20 mm li /
20 mm + / 10 mm re (siehe S. 28)

1.2.3. Translation des Magneten vom 0-Punkt aus 10 mm li, dann 20 mm + / 40 mm - / 20 mm + / 10 mm re = 0-Punkt; vom 0-Punkt aus 20 mm + / 40 mm - / 20 mm + = 0-Punkt; dann 10 mm re / 20 mm + / 40 mm - / 20 mm +.

Fig. C : 0 / 10 mm li / 20 mm + / 40 mm - / 20 mm + /
10 mm re / 20 mm + / 40 mm - / 20 mm + /
10 mm re / 20 mm + / 40 mm - / 20 mm + (siehe S. 27)

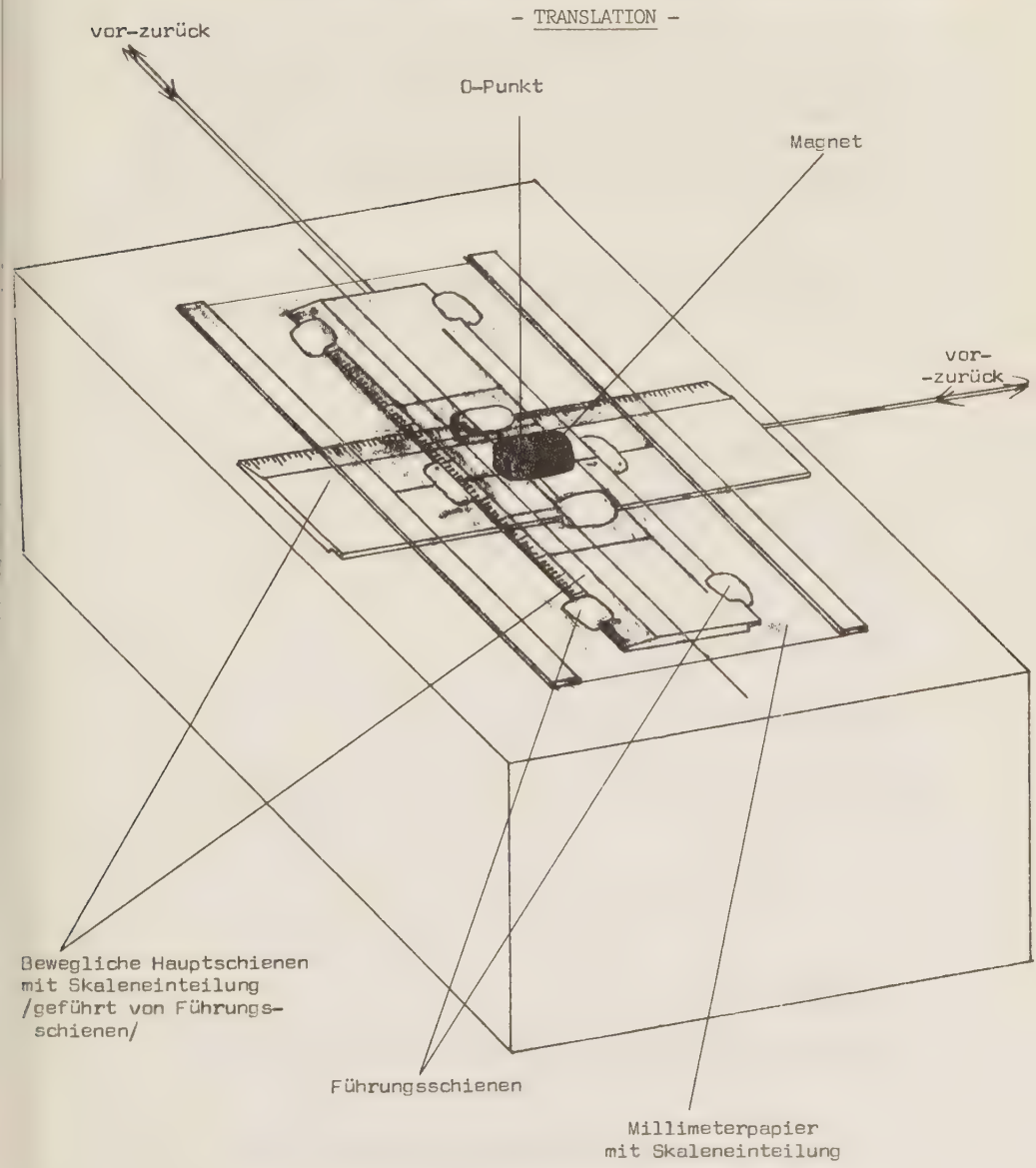
Fig. C': 0 / 10 mm li / 20 mm + / 40 mm - / 20 mm + /
10 mm re / 20 mm + / 40 mm - / 20 mm + /
10 mm re / 20 mm + / 40 mm - / 20 mm + (siehe S. 29)

1.2.4. Translation des Magneten vom O-Punkt aus 20 mm protrusiv (+) / 10 mm re / 20 mm li / 10 mm re, dann 10 mm retrusiv (-) / 10 mm re / 20 mm li / 10 mm re, wieder 10 mm retrusiv = O-Punkt / 10 mm re / 20 mm li / 10 mm re, 10 mm - / 10 mm re / 20 mm li / 10 mm re, 10 mm - / 10 mm re / 20 mm li / 10 mm re.

Fig. D : O / 20 mm + / 10 mm re / 20 mm li / 10 mm re /
10 mm - / 10 mm re / 20 mm li / 10 mm re /
10 mm - / 10 mm re / 20 mm li / 10 mm re /
10 mm - / 10 mm re / 20 mm li / 10 mm re /
10 mm - / 10 mm re / 20 mm li / 10 mm re (siehe S.27)

Fig D': O / 20 mm + / 10 mm re / 20 mm li / 10 mm re /
10 mm - / 10 mm re / 20 mm li / 10 mm re /
10 mm - / 10 mm re / 20 mm li / 10 mm re /
10 mm - / 10 mm re / 20 mm li / 10 mm re /
10 mm - / 10 mm re / 20 mm li / 10 mm re (siehe S.29)

Abbildung 7: Führungstisch zur Überprüfung der Übertragungsgenauigkeit



Skalenvergleich Gehäuseoberteil und Hauptschienen erlaubt die Ortung der Lage des Magneten.

1.3. Untersuchungsgang I

An einem Stativ haben wir das Sensorenteil befestigt. Den Führungstisch (siehe Abbildung 7) haben wir nach Augenmaß (siehe Einleitung zum Sirognathograph) so ausgerichtet, daß sich der O-Punkt (O-Punkt der Führungstischkoordinaten) in der Sensormitte befand und die Koordination des Führungstisches in etwa mit der X- und Y-Achse (hor-Ebene) gedeckt haben.

Der Führungstisch wurde befestigt und die Figuren A, B, C, D des Bewegungsmusters (siehe IV. 1.2., S. 21) wurden abgefahren (siehe S. 26 f.).

1.4. Untersuchungsgang II

Bei der zweiten Untersuchung haben wir den Magneten verdreht und neu befestigt, und zwar um:

fro ca. 30^{o} - und
hor ca. 20^{o} -.

(Definition der Drehung siehe S. 18).

Sonst wurde an der Anordnung nichts verändert; gleiche Bewegungsmuster.

Figuren A', B', C', D' siehe S. 28 f.

1.5. Methodenkritik

Die Translationsgrößen wurden in physiologisch vertretbaren Grenzen untersucht (z.B. Schneidekantenabstand von 50 mm).

Wir wissen, daß unsere Versuchsanordnung nicht perfekt ist: wir lesen

die Größen mit dem Auge ab (ungenau), bedienen manuell die Anordnung (Unregelmäßigkeit der Linien), ex existiert ein Brechungsindex bei den Hauptschienen (durchsichtiger Kunststoff), Flächenabstand Hauptschiene - Führungstisch u.a.

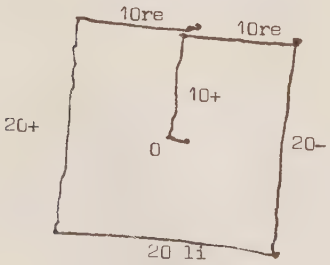
Wir können aber die Tendenz der Ergebnisse und ihre Verhältnismäßigkeit erfassen, was auch unser Ziel ist.

Translation in der horizontalen Ebene

Untersuchungsgang I – siehe IV. 1.3., S. 24

Fig. A:
(Bewegungsmuster siehe IV. 1.2.1., S. 21)

Fig. B.:
(Bewegungsmuster siehe IV. 1.2.2., S. 21)
(in mm)



Translation in der horizontalen Ebene

Untersuchungsgang I - siehe IV. 1.3., S. 24

Fig. C:

(Bewegungsmuster siehe IV. 1.2.3., S. 21)

(in mm)

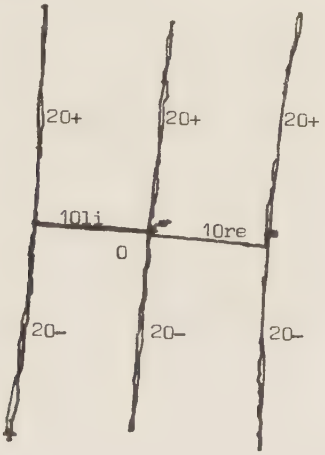
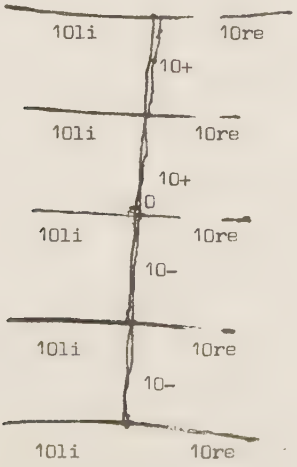


Fig. D:

(Bewegungsmuster siehe IV. 1.2.4., S. 22)



Translation in der horizontalen Ebene

Untersuchungsgang II – siehe IV. 1.4., S. 24

Fig. A':

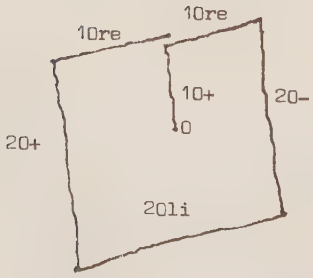
(Bewegungsmuster siehe IV. 1.2.1., S. 21)

(in mm)

Fig. B':

(Bewegungsmuster siehe IV. 1.2.2., S. 21)

(in mm)



Translation in der horizontalen Ebene

Untersuchungsgang II - siehe IV. 1.4., S. 24

Fig. C':

(Bewegungsmuster siehe IV. 1.2.3., S. 21)

(in mm)

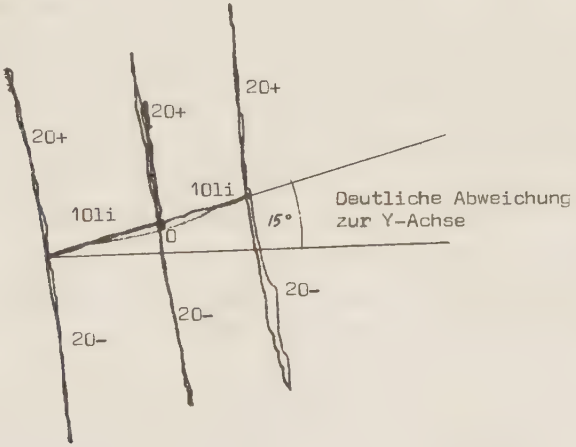
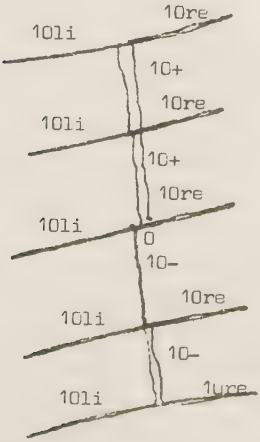


Fig. D':

(Bewegungsmuster siehe IV. 1.2.4., S. 22)

(in mm)



2. Ergebnisse

Beim Untersuchungsgang I erkennen wir eine leichte Verzeichnung bei Linien, die nicht durch den O-Punkt des Koordinatensystems gehen. Die beiden O-Punkt-Linien (X- und Y-Achse) stehen in etwa senkrecht zueinander. Beides ist nach Siemens-Einleitung zu erwarten gewesen.

Eine leichte Neigung der O-Punkt-Linien zum Koordinatensystem der Sensoren = Koordinatenschreiber ist zu beachten.

Der zweite Untersuchungsgang ergibt unerwartete Ergebnisse. Die Verdrehung des Magneten hat zur Folge, daß Bewegungen, die tatsächlich zueinander senkrecht erfolgt sind, am Koordinatenschreiber unter einem anderen Winkel erscheinen.

Auch die Neigung gegenüber dem Koordinatensystem der Sensoren = Koordinatenschreiber und ihre Länge sind verändert.

In Wirklichkeit haben wir im Untersuchungsgang I und II die gleichen Translationsbewegungen durchgeführt. Die festgestellten Unterschiede bei den Bewegungsfiguren A bis A', B bis B', C bis C', D bis D' sind allein auf die Verdrehung des Magneten in bezug auf die Sensoren zurückzuführen.

III. Untersuchung der Rotation

Die Ergebnisse vom Untersuchungsgang II der Translation (IV. 1.4.) haben uns einen zusätzlichen Anstoß für die Untersuchung der Rotationsbewegung gegeben.

Der Unterkiefer übt bei seinen Bewegungen neben Translationen auch Rotationen aus. Nach unseren Messungen an Patienten dreht der am UK angebrachte Magnet z.B. bei der Lateralbewegung (um die Z-Achse) unter 10°, bei der maximalen Öffnung (Drehung um die Y-Achse) ist eine Rotation bis 40° festzustellen.

1. Methode

Da der Magnet drei verschiedene Seitenlängen hat, was dreidimensional ein magnetisches Feld mit drei verschiedenen Feldkrümmungen ergibt (Arbeitsprinzip des Sirognathographen), müssen wir unsere Messungen in allen drei Ebenen mit Rotationen um die X-, Y- und Z-Achsen des Magneten durchführen.

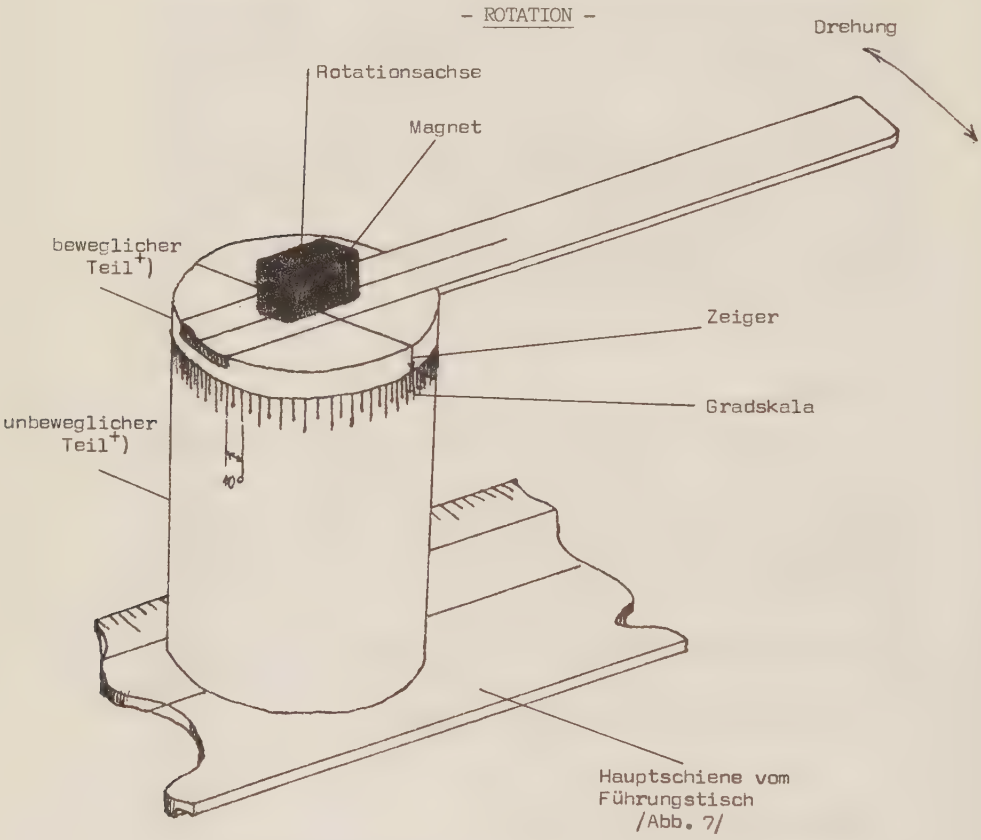
Für die Untersuchung brauchen wir ein Hilfselement, daß dem Magneten Rotation durchzuführen erlaubt (ohne Translationseinfluß) und in der zu untersuchenden Ebene verschiedene Lagen annehmen läßt.

1.1. Beschreibung der Hilfselemente

Zum Zweck der Rotationsüberprüfung haben wir einen Zylinder mit einer Kapsel benutzt. Die Kapsel, versehen mit einem Zeiger, kann Drehbewegungen, gegenüber dem mit Gradskala versehenen Zylinder, ausführen.

Auf der Kapsel ist der Achsenpunkt eingezeichnet, nach dem wir den Magneten anbringen. Das Rotationselement ist an dem Führungstisch der Translation angebracht (siehe Abbildung 1), was über das Führungssystem dem Magneten Stellungsveränderung in der Ebene erlaubt. (Siehe Abbildung 2).

Abbildung 8: Führungselement zur Überprüfung der Übertragungsgenauigkeit



+) Beweglichkeit im Bezug auf die Rotation.

1.2. Untersuchungs- und Bewegungsmuster

Das Translationsführungstischchen mit dem angebrachten Rotationselement haben wir zuerst in der horizontalen (siehe IV. 1.2.1.), dann in der fron- (siehe IV. 1.2.2.) und sag- (siehe IV. 1.2.3.) Ebene gestellt und den Magneten entsprechend der veränderten Lage ausgerichtet. Bei allen Untersuchungen haben wir den Magneten erst um $\pm$ 10°, dann $\pm$ 20° und $\pm$ 30° gedreht und die Drehung von unserem Koordinatenschreiber aufzeichnen lassen. Mit Hilfe des Translationsführungstisches haben wir die Stellung des Magneten in der Ebene verändern und damit an verschiedenen Punkten das Rotationsverhalten dokumentieren können.

Die Aufzeichnung der $\pm$ 30°-Rotation haben wir zur Auswertung in ein der untersuchten Ebene entsprechendes Koordinatensystem eingetragen.

1.2.1. Untersuchung der Rotation um die Z-Achse
(Führungstisch in hor)

In dieser Ebene haben wir die Rotation an neun Raumpunkten überprüft:

O (0; 0)	A (20 re; 0)	B (20 li; 0)
C (15 li; 0)	D (0; +20)	E (0; -20)
F (20 li; -20)	G (19 li; -14,1)	O'(5 li; 0) (in mm)

Siehe S.:

Als Beispiel:

35 - Rotation am Punkt F (20 li; -20),

37,38 - $\pm$ 30° Rotation um die Z-Achse, eingetragen im Koordinatensystem,

39 - Überprüfung des geometrisch errechneten Zentrums O: (5 li; 0).

1.2.2. Untersuchung der Rotation um die X-Achse
(Führungstisch in fro)

In dieser Ebene haben wir die Rotation an sechs Raumpunkten überprüft:

O (0; 0) A (15 re; 0) B (15 li; 0)
C (0; 15 ob) D (0; 15 un) E (10,5 li; 10,5 ob) (in mm)

Siehe S.:

Als Beispiel:

40 - Rotation am Punkt C (0; 15 ob),

41,42 - $\pm$ 30° Rotation um die Z-Achse, eingetragen im Koordinatensystem.

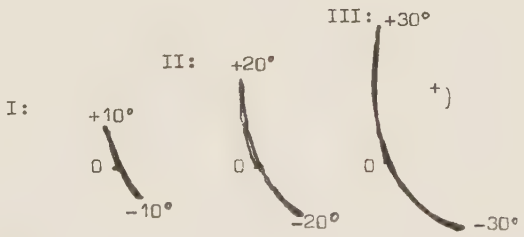
Rotation um die Z-Achse

(Führungstisch in der horizontalen Ebene)

Raumpunkt F (20-; 20 li)

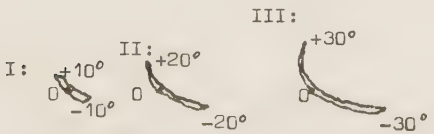
Zeichen: I : Drehung $\pm$ 10°
II : Drehung $\pm$ 30°
III: Drehung $\pm$ 30°

Aufzeichnung in hor:



+) Die Aufzeichnung der $\pm$ 30°-Rotation aller untersuchten Punkte wurde für die Auswertung in ein Koordinatensystem eingetragen.
Siehe S. 37,38.

Aufzeichnung in fro:

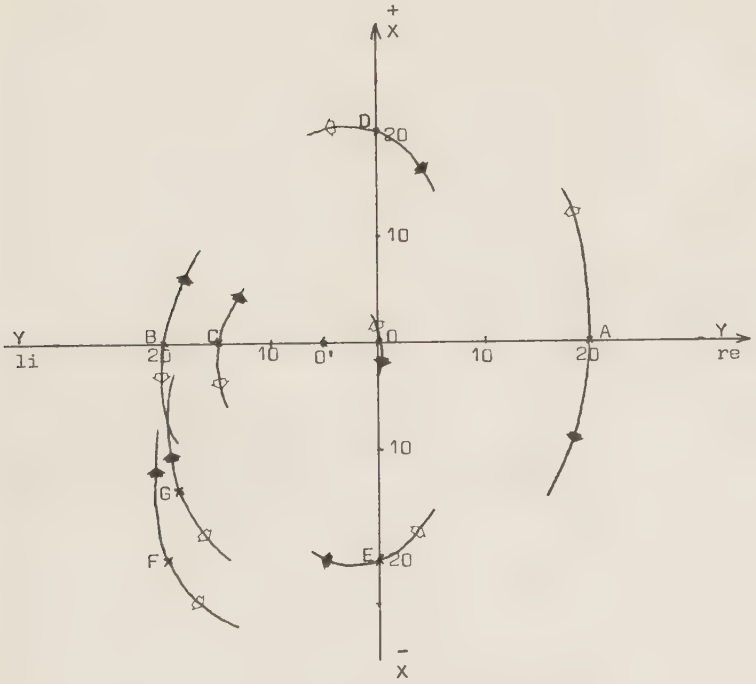


Aufzeichnung in sag:

Rotation um die Z-Achse

(Führungstisch in der hor-Ebene; Aufzeichnung in der hor-Ebene)

Die Aufzeichnung der ± 30°-Abweichung, eingetragen im Koordinatensystem Y-X der hor-Ebene:



◗ - 30° Rotation in der positiven Richtung

◖ - 30° Rotation in der negativen Richtung

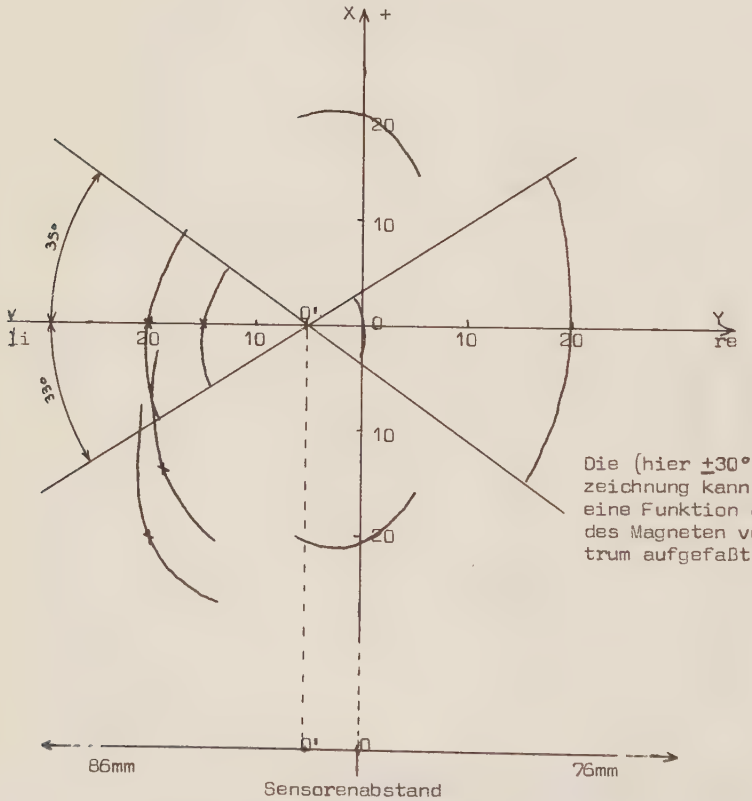
Die Übertragung der Rotation erscheint auf dem Koordinatenschreiber als Wanderung des Magneten auf ellipsenähnlichen Bahnen um ein Zentrum.

(Die Rotationsaufzeichnung am Raumpunkt F (20-; 20 li) siehe S. 35+); Punkt 0' (0; 5 li) siehe S. 39).

Rotation um die Z-Achse

(Führungstisch hor; Aufzeichnung hor)

Die Aufzeichnung der $\pm$ 30°-Abweichung, eingetragen im Koordinatensystem Y-X der hor-Ebene:



Die (hier $\pm$30°) Rotationsaufzeichnung kann geometrisch als eine Funktion der Entfernung des Magneten vom Sensorenzentrum aufgefaßt werden.

Bei der geometrischen Betrachtung unserer Aufzeichnungen in bezug auf das Koordinatensystem haben wir zeichnerisch ein neues Zentrum = Sensorenmitte O' gefunden.

Nachträglich haben wir den Sensorenabstand des ursprünglichen O-Punktes nachgemessen und um 5 mm zu weit rechts festgestellt.

(Rotationsaufzeichnung Punkt O' (0; 5 li) siehe S. 39).

Rotation um die Z-Achse

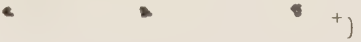
(Führungstisch in der horizontalen Ebene)

Raumpunkt 0' (5 li; 0)

Zeichen: I : Drehung $\pm$ 10°
II : Drehung $\pm$ 20°
III: Drehung $\pm$ 30°

Aufzeichnung in hor:

I: II: III:



+) Die Aufzeichnung aller untersuchten Punkte in dieser Ebene mit der $\pm$ 30°-Rotation wurde für die Auswertung in ein Koordinatensystem eingetragen.

Siehe S. 41,42.

Aufzeichnung in fro:

I: II: III:

Aufzeichnung in sag:

I: II: III:

Rotation um die X-Achse

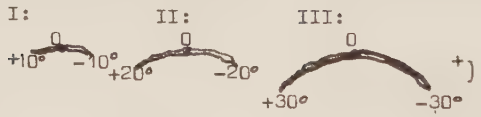
(Führungstisch in der frontalen Ebene)

Raumpunkt C (0; 15 ob)

Zeichen: I : Drehung $\pm$ 10°
II : Drehung $\pm$ 20°
III: Drehung $\pm$ 30°

Aufzeichnung in hor:

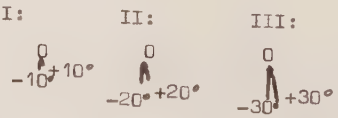
Aufzeichnung in fro:



+) Die Aufzeichnung der $\pm$ 30°-Rotation aller untersuchten Punkte in dieser Ebene wurde für die Auswertung in ein Koordinatensystem eingetragen.

Siehe S. 41,42.

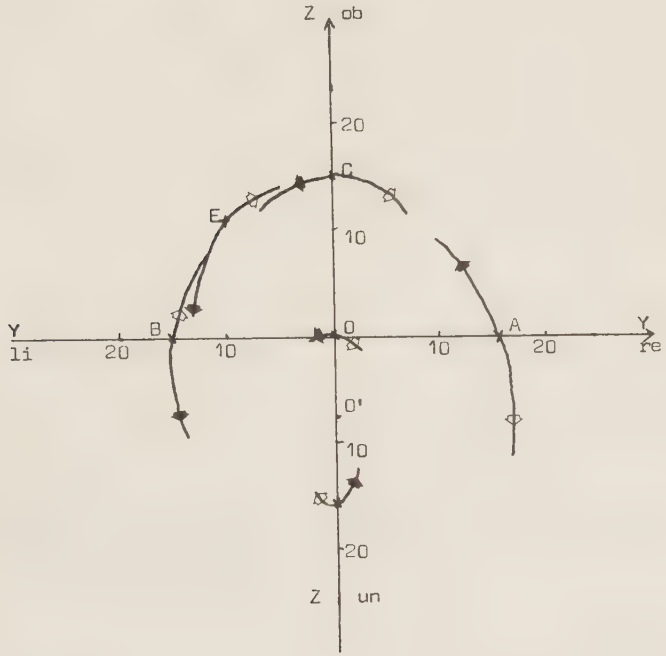
Aufzeichnung in sag:



Rotation um die X-Achse

(Führungstisch in der fro-Ebene; Aufzeichnung in der fro-Ebene)

Die Aufzeichnung der ± 30°-Abweichung, eingetragen im Koordinatensystem Y-Z der fro-Ebene:



◗ – 30° Rotation in der positiven Richtung

◇ – 30° Rotation in der negativen Richtung

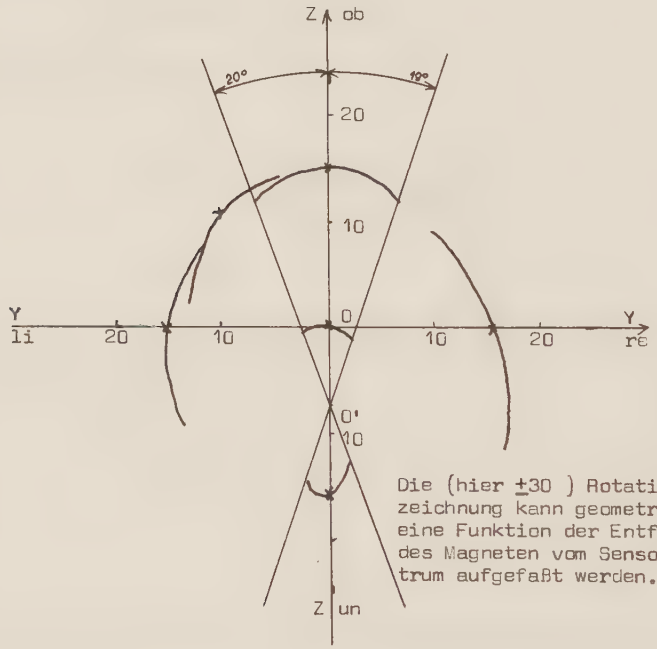
Die Übertragung der Rotation erscheint auf dem Koordinatenschreiber als Wanderung des Magneten auf ellipsenähnlichen Bahnen um ein Zentrum O'.

(Die Rotationsaufzeichnung am Raumpunkt C (0; 15 ob) siehe S. 40+).

Rotation um die X-Achse

(Führungstisch in der fro-Ebene; Aufzeichnung in der fro-Ebene)

Die Aufzeichnung der $\pm$ 30°-Abweichung, eingetragen im Koordinatensystem Y-Z der fro-Ebene:



Die (hier $\pm$30) Rotationsaufzeichnung kann geometrisch als eine Funktion der Entfernung des Magneten vom Sensorenzentrum aufgefaßt werden.

Das Zentrum = Sensorenmitte wurde, ähnlich wie bei der Rotation um die Z-Achse - siehe S. 39 - zuerst geometrisch, dann meßtechnisch nachgeprüft und auf 0' (0; 7,5 un) korrigiert.

1.2.3. Untersuchung der Rotation um die Y-Achse
(Führungstisch in sag)

In dieser Ebene haben wir die Rotation an sechs Raumpunkten überprüft:

(0; 0) (+15; 0) (-15; 0)
(0; 15 ob) (0; 15 un) (+10; 10,5 un) (in mm)

Siehe S.:

Als Beispiel:

44 - Raumpunkt (0; 15 un).

1.3. Methodenkritik

Das Rotationshilfselement hat eine vertikale Ausdehnung, deren Stabilität nicht optimal gesichert werden konnte. Der relativ kleine Skalenabstand konnte nicht genau abgelesen werden, aber auch bei der Einstellung Zeiger - Skala wurden Ungenauigkeiten beobachtet.

Die Ungenauigkeiten dieses Rotationselements müssen zusätzlich mit den Ungenauigkeiten des Translationstisches (siehe IV. 1.5.) multipliziert werden.

Wie wir aber sehen, sind die Ergebnisse auswertbar und für unsere Ziele ausreichend.

Rotation um die Y-Achse

(Führungstisch in der sagittalen Ebene)

Raumpunkt (0; 15 un)

Zeichen: I : Drehung $\pm$ 10°
II : Drehung $\pm$ 20°
III: Drehung $\pm$ 30°

Aufzeichnung in hor:

Aufzeichnung in fro:

Aufzeichnung in sag:

2. Ergebnisse

2.1. Rotation um die Z-Achse

Die Übertragung der Rotation erscheint auf dem Koordinatenschreiber als Wanderung des Magneten auf ellipsenähnlichen Bahnen um ein Nullpunktzentrum (O'), das der Sensormitte entspricht. Der von uns als Nullpunkt angenommene Punkt stimmte nur in der X-Koordinate mit dem von uns geometrisch (und später auch als Sensormitte überprüften) errechneten Zentrum O' überein.

Bei der Untersuchung im Raumpunkt O' (5 li; 0) haben wir keine auswertbare Verzeichnung = Zentrum der Ellipsenkurven. Die $\pm$ 30°-Rotationsaufzeichnung für die Punkte auf der Y-Achse ergibt als Winkelmaß durchschnittlich 34° (siehe S. 38).

2.2. Rotation um die X-Achse

Ähnlich der Z-Achsenrotation erscheint auch hier die Magnetdrehung als ellipsenähnliche Punktwanderung.

Der O-Punkt stimmte diesmal in der Z-Achse mit dem Ellipsoidenzentrum um 7,5 mm un nicht überein (siehe S. 42).

Die $\pm$ 30°-Rotationsaufzeichnung für die Punkte auf der Z-Achse ergibt als Winkelmaß durchschnittlich 19,5°.

2.3. Rotation um die Y-Achse

Die Untersuchung der Y-Achsenrotation ergibt keine auswertbaren Ergebnisse. Die Magnetdrehung hat keine Lageveränderung am Koordinatenschreiber zur Folge.

2.4. Auswertung der Rotationen um die X- und Z-Achse

In beiden Fällen beobachten wir auf dem Koordinatenschreiber das Phänomen der Wanderung des tatsächlich nur rotierenden Magneten auf ellipsenähnlichen Bahnen.

Die positive bzw. negative Drehung vom Rotationszentrum aus ist für alle Punkte der Fläche in gleicher Richtung gerichtet (rot bzw. blau markiert).

Die Rotationsaufzeichnung kann geometrisch als eine Funktion der Entfernung des Magneten vom Sensorenzentrum aufgefaßt werden.

IV. Untersuchung der Translation und Rotation

Bei dieser Meßreihe wollten wir den direkten Einfluß der Rotation auf die Translation und umgekehrt, der Translation auf die Rotation verdeutlichen.

1. Methode, Bewegungsmuster und Untersuchungsdurchführung

Wir haben die Hilfselemente der Rotation benutzt (siehe V. 1.1.). Zuerst haben wir Translation ohne Rotationseinfluß in der zu untersuchenden Achsenrichtung durchgeführt und damit eine Bezugsgerade (A bzw. B) bekommen, nach welcher wir den Einfluß der Rotation auf die Translation messen konnten.

Siehe S.:

48 bis 52: Rotation um die Z-Achse,
53 bis 57: Rotation um die X-Achse,
58 : Rotation um die Y-Achse.

1.1. Methodenkritik

Es gilt V. 1.3.

Mit unseren Hilfselementen war es uns unmöglich, gleichzeitig Translation und Rotation durchzuführen. Wir erkennen aber bei unserer sukzessiven Arbeitsweise, daß es bei gleichzeitiger Durchführung Kurven geben würde, lateral vom O-Punkt mit der Krümmung der größten Gradneigung und der tangentialen Annäherung an die Bezugsgrade im O-Punkt.

Translation und Rotation

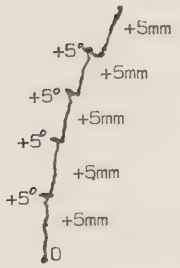
(Rotation um die Z-Achse, Führungstisch in der hor-Ebene)

(Aufzeichnung in der hor-Ebene)

Translation in der X-Achsen-Richtung:

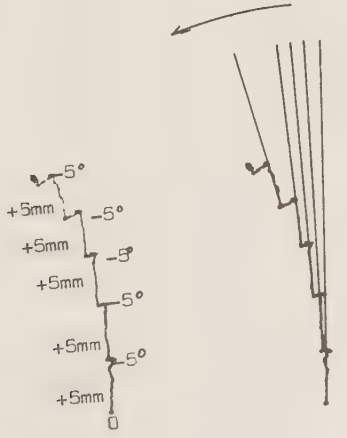
A: Als Bezugsgerade haben wir die Aufzeichnung der Translation des Magneten um ± 20 mm in der X-Achsen-Richtung gewählt:

A_1: Vom O-Punkt aus haben wir den Magneten 5 mm protrusiv (+) bewegt und anschließend in positiver (+) Richtung 5° gedreht, dann wieder 5 mm+ und +5° usw.

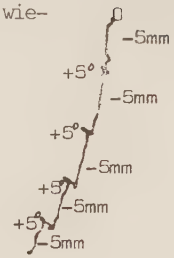


Wir beobachten Verneigung der Translationsgeraden in der X-Achsen-Richtung in bezug auf die Ausgangs- = Bezugsgerade, bedingt durch die Rotation

A_2: Vom O-Punkt aus haben wir den Magneten 5 mm protrusiv bewegt und anschließend in negativer Richtung 5° gedreht, dann wieder 5 mm+ und -5° usw.



A_3: Vom O-Punkt aus haben wir den Magneten 6 mm retrusiv bewegt und anschließend in positiver Richtung 5° gedreht, dann wieder 5 mm+ und +5° usw.



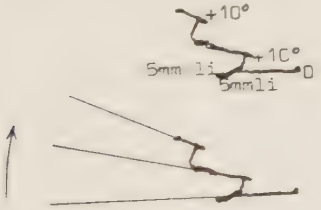
A_4: Vom O-Punkt aus haben wir den Magneten 5 mm retrusiv bewegt und anschließend in negativer Richtung 5° gedreht, dann wieder 5 mm+ und -5° usw.

Wir beobachten Verneigung der Translationsgeraden in der X-Achsen-Richtung in bezug auf die Ausgangs- = Bezugsgerade A, bedingt durch die Rotation.

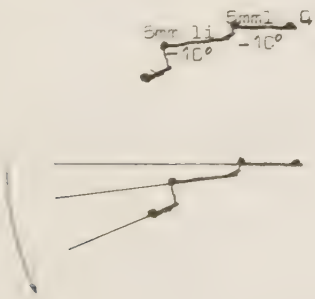
Translation in der Y-Achsen-Richtung:

B: Aus Bezugsgerade haben wir die Aufzeichnung der Translation des Magneten um 10 mm re und 10 mm li in der Y-Achsen-Richtung gewählt:

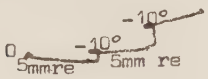
B_1: Vom O-Punkt aus haben wir den Magneten 5 mm li bewegt und anschließend in positiver Richtung 10^{o} gedreht, dann wieder 5 mm li und $+10^{o}$ usw.



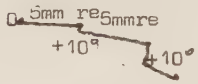
B_2: Vom O-Punkt aus haben wir den Magneten 5 mm li bewegt und anschließend in negativer Richtung 10^{o} gedreht, dann wieder 5 mm li und -10^{o} usw.



B_3: Vom 0-Punkt aus haben wir den Magneten 5 mm re bewegt und anschließend in negativer Richtung 10° gedreht, dann wieder 5 mm re und -10° usw.



B_4: Vom 0-Punkt aus haben wir den Magneten 5 mm re bewegt und anschließend in positiver Richtung 10° gedreht, dann wieder 5 mm re und +10° usw.



Wir beobachten Verneigung der Translationsgeraden in der Y-Achsen-Richtung in bezug auf die Ausgangs- = Bezugsgerade B, bedingt durch die Rotation.

Translation und Rotation

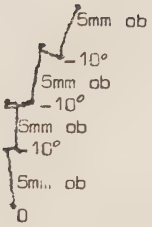
(Rotation um die X-Achse, Führungstisch in der fro-Ebene)

(Aufzeichnung in der fro-Ebene)

Translation der Z-Achsen-Richtung

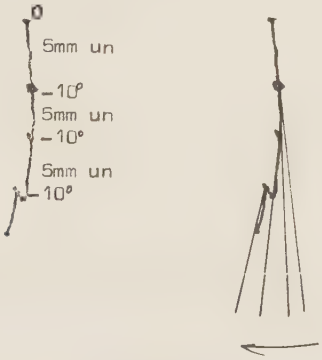
A: Als Bezugsgerade haben wir die Aufzeichnung der Translation des Magneten um 20 mm ob und 19 mm un in der Z-Achsen-Richtung gewählt:

A_1: Vom 0-Punkt aus haben wir den Magneten 5 mm ob bewegt und anschließend in negativer Richtung 10^o gedreht, dann wieder 5 mm ob und -10^o usw.

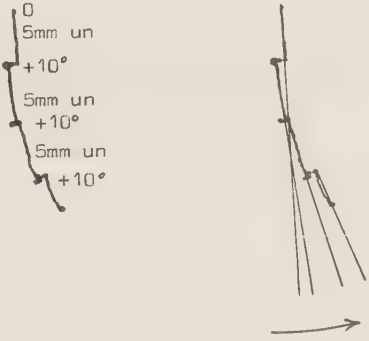


A_2: Vom 0-Punkt aus haben wir den Magneten 5 mm ob bewegt und anschließend in positiver Richtung 10^o gedreht, dann wieder 5 mm ob und $+10^o$ usw.

A_3: Vom O-Punkt aus haben wir den Magneten 5 mm un bewegt und anschließend in negativer Richtung um 10^o gedreht, dann wieder 5 mm un und -10^o usw.



A_4: Vom O-Punkt aus haben wir den Magneten 5 mm un bewegt und anschließend in positiver Richtung 10^o gedreht, dann wieder 5 mm un und $+10^o$ usw.

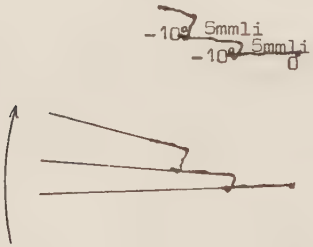


Wir beobachten Verneigung der Translationsgeraden in der Z-Achsen-Richtung in bezug auf die Ausgangs- = Bezugsgerade A, bedingt durch die Rotation.

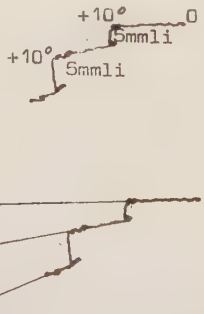
Translation in der Y-Achsen-Richtung:

B: Als Bezugsgerade haben wir die Aufzeichnung der Translation des Magneten um 15 mm links und 15 mm rechts in der Y-Achsen-Richtung gewählt:

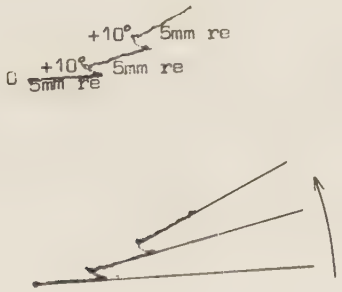
B_1: Vom 0-Punkt aus haben wir den Magneten 5 mm links bewegt und anschließend in negativer Richtung 10^o gedreht, dann wieder 5 mm li und -10^o usw.



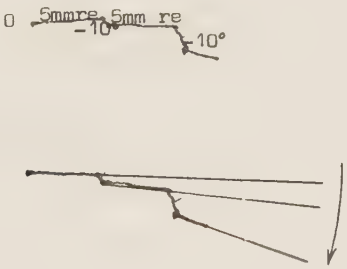
B_2: Vom 0-Punkt aus haben wir den Magneten 5 mm links bewegt und anschließend in positiver Richtung 10^o gedreht, dann wieder 5 mm li und $+10^o$ usw.



B_3: Vom O-Punkt aus haben wir den Magneten 5 mm rechts bewegt und anschließend in positiver Richtung 10^o gedreht, dann wieder 5 mm re und $+10^o$ usw.



B_4: Vom O-Punkt aus haben wir den Magneten 5 mm rechts bewegt und anschließend in negativer Richtung 10^o gedreht, dann wieder 5 mm re und -10^o usw.



Wir beobachten Verneigung der Translationsgeraden in der Y-Achsen-Richtung in bezug auf die Ausgangs- = Bezugsgerade B, bedingt durch die Rotation.

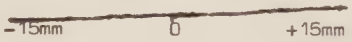
Translation und Rotation

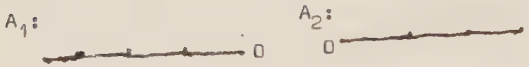
(Rotation um die Y-Achse, Führungstisch in der sag-Ebene)

(Aufzeichnung in der sag-Ebene)

Translation in der X-Achsen-Richtung:

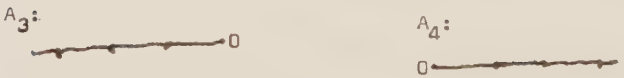
A: Als Bezugsgröße haben wir die Aufzeichnung der Translation des Magneten um ± 15 mm in der X-Achsen-Richtung gewählt:





A_1: Schrittweise erfolgte -5 mm Bewegung mit $+10^{\circ}$ Drehung.

A_2: Schrittweise erfolgte +5 mm Bewegung mit $+10^{\circ}$ Drehung



A_3: Schrittweise erfolgte -5 mm Bewegung mit -10° Drehung.

A_4: Schrittweise erfolgte +5 mm Bewegung mit -10° Drehung.

Wir beobachten keine Beeinflussung der Translation durch die Rotation.

2. Ergebnisse

Siehe VI. 1.1.

Wie zu erwarten war, hat nur die Rotation um die Z- und X-Achse Einfluß auf die Translation. Er äußert sich mit steigendem Grad der Rotation in größerer Neigung der Translationsgeraden zur Bezugsgeraden.

V. Folgerungen und Erkenntnisse

Mit unseren Ergebnissen haben wir belegt, daß eine qualitative und quantitative metrische Analyse mit dem Sirognathographen möglich ist.

Mit unten vorgeschlagenen Verbesserungen sehen wir das Gerät zur klinischen Diagnostik der Unterkieferbewegungen sowie von Okklusionsstörungen als geeignet.

1. Forderungen auf die Reponierbarkeit des Magneten

Die Abweichung der Parallelität zwischen dem Schreiberkoordinatensystem und den Translationsgeraden, die durch den Nullpunkt gehen, ist Folge der falschen Ausrichtung bzw. Stellung des Magneten gegenüber dem Sensorensystem (siehe S. 26 bis 29, 30, 48-58).

Um die Beeinflussung der Lateralbewegung durch die Rotation auf beiden Seiten (li - re) auf vergleichbares Ausmaß zu bringen, müssen wir den Magneten in der Sensorenmitte reponieren. Den Einfluß der falschen Stellung des Magneten können wir uns durch das Studium der ellipsenartigen Kurven (siehe S. 37, 41) vergegenwärtigen.

Als unmittelbare Folge unserer Untersuchungen stellen wir die Forderung nach der genauen Reponierbarkeit des Magneten in der Sensorenmitte und nach der Übereinstimmung der Feldachsen des Magneten mit den Koordinatenachsen des Sensorensystems. Wir können nicht die Symmetrievergleiche der Unterkieferbewegung ziehen, ohne die oben genannte Forderung zufriedenstellend erfüllt zu haben.

Diese Forderungen können wir mit einem einfachen durch uns entwickeltes Hilfselement erfüllen.

2. Übertragbarkeit der aufgezeichneten Bewegungen auf tatsächlich vorhandene

Wie wir gesehen haben (siehe S. 47 bis 59), verzeichnet die Rotation im geringen Grad die Translation (Lateralbewegung des UK mit Rotation unter 10^{o}). Nach der Erfüllung der Forderungen von 1. können wir die Seitenvergleiche zwischen z.B. beiden Lateralbewegungen ziehen.

Uns muß aber bewußt sein, daß durch die Rotationsverzeichnung (je weiter von der Sensorenmitte desto größer das Ausmaß der Rotationsverzeichnung - siehe S. 37, 41) die Übertragbarkeit der aufgezeichneten Bewegung auf die tatsächlich vorhandene nur mit Vorbehalten zu handhaben ist.

3. Interpretationsversuch des Systemverhaltens

Der Sirognathograph arbeitet mit zwei dreidimensionalen Systemen:

1. dem "Peilersystem" der Sensoren und
2. dem Feldsystem des Magneten (siehe S. 31) - Arbeitsprinzip des Sirognathographen.

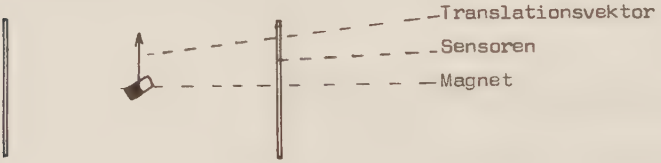
Bei der Arbeit mit dem Kinesiographen gingen wir bisher immer von der Vorstellung aus, das Sensorensystem sei das stabile System (Peilersystem), und das Magnetsystem sei die bewegliche Größe, die dann auch aufgezeichnet wird. Mit dieser Vorstellung können wir aber schon die Verzeichnung der Figuren A' bis D' (siehe S. 28 f.) nicht verstehen: Wir haben doch die gleiche Bewegung durchgeführt wie auf den Seiten 26 und 27 die Figuren A bis D.

Die ellipsenähnlichen Bahnen der Rotationsaufzeichnung (siehe S. 37, 41) sind mit der konservativen Systemvorstellung nicht erklärbar: Der Nullpunkt des Magnetkoordinatensystems bleibt bei der Rotation unbeweglich, erscheint aber auf dem Schreiber als Magnetwanderung.

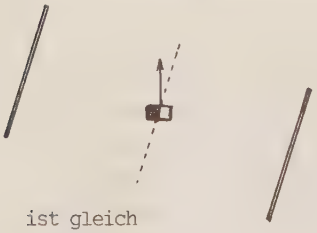
Beide Erscheinungen sind leichter zu verstehen, wenn man sich die Magnetrotation als Rotation des Sensorensystems um seinen Mittelpunkt (= Zentrum = O' - siehe S. 37, 38, 41, 42) vorstellt. D.h., das Magnetsystem ist dann das unbewegliche System, und das Sensorensystem vollzieht die Bewegungen nach (Rotation).

So können wir die "imaginäre" Diskrepanz der Parallelität der Translationsgeraden, die durch die Verdrehung des Magneten beim Untersuchungsgang II (siehe S. 24, 28, 29) zustandegekommen ist, als "Verdrehung" (in die Gegenrichtung) der Sensoren verstehen: Der Magnet bewegt sich in gewohnter Translationsrichtung (parallel zu den Sensoren), erscheint aber, als würde er sich den Sensoren nähern.

Tatsächliche Bewegung:



Aufzeichnung:
(nach gedanklich vollzogener Sensorendrehung)



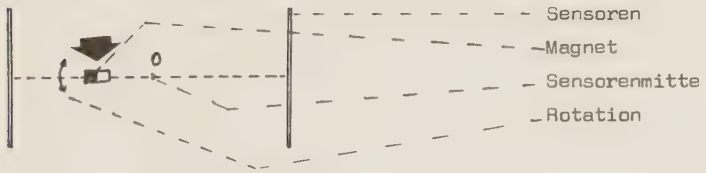
ist gleich

Vgl. Fig. A und A', S. 26, 28.

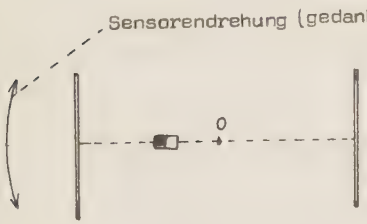
Mit unserem neuen Systemverständnis können wir auch die ellipsoide Rotationsaufzeichnung verstehen:
(Daß es ellipsenähnliche Bahnen sind, hängt mit der ellipsoiden Magnetfeldliniengestaltung und dem Aufnahmesystem der Hall-Transducer zusammen).

Die Rotation des Magneten ist dann als Rotation der Sensoren zu verstehen: Der Magnet bewegt sich in einer "Kreisbahn" (Ellipsenbahn) um einen Mittelpunkt.
(Liegt der Magnet in der Sensorenmitte - keine Aufzeichnung = Zentrum O', siehe S. 37, 41).

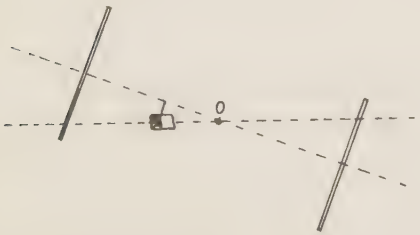
Tatsächliche Bewegung:



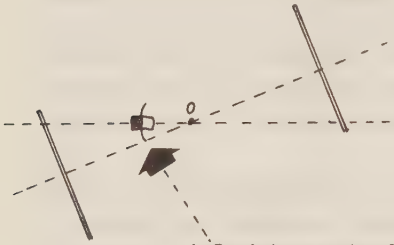
Aufzeichnung:



Rotation in eine Richtung:



Rotation in die andere Richtung:



(Vgl. S. 35-38, 40-42).

VI. Magnetpositionierer

1. Einleitung - Verbesserungsnotwendigkeit des Systems

Eine der wichtigsten Erkenntnisse, die wir durch die Untersuchung der Übertragungsweise von der Magnetposition beim Sirognathograph gewonnen haben, war die Forderung nach der genauen Reponierbarkeit des Magneten in der Sensorenmitte sowie der Übereinstimmung der Feldachsen des Magneten mit den Koordinatenachsen des Sensorensystems.

Diese Grundvoraussetzungen müssen erfüllt werden, damit die Meßergebnisse weitgehend reproduzierbar und vergleichbar sein können.

Durch eine Umarbeitung des Kopfgestellts ist der Siemens AG gelungen, die Horizontalebene (XY-Ebene) des Sirognathographen parallel der Frankfurter Horizontalen auszurichten. Es bedeutet, daß die Achsenrichtungen (X-, Y-Achse) der Sensoren zu der Schädellage des Patienten definierbarer geworden sind.

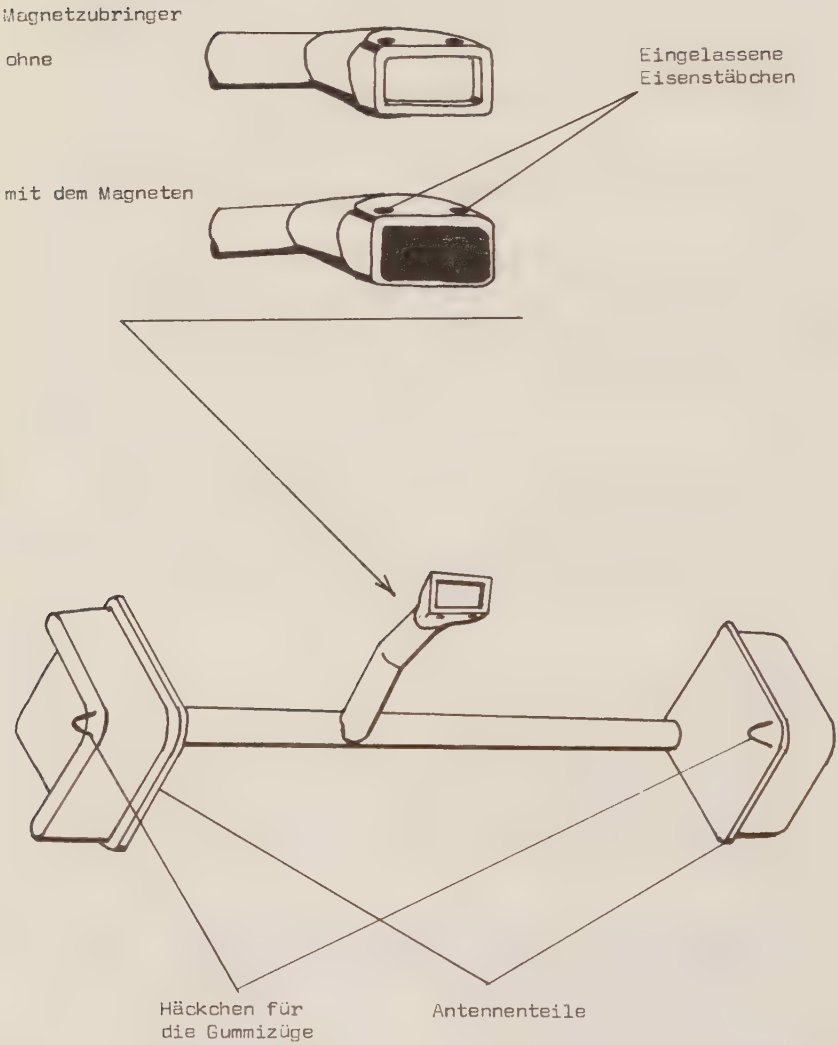
Sie sind aber nicht nach der UK-Front-Mitte ausgerichtet (Z-Achse), d.h. die Sensorenmitte stimmt nicht mit der UK-Front-Mitte überein, wobei auch der Magnet sich nicht in der Sensorenmitte befindet. Die Übereinstimmung der Feldachsen des Magneten mit den Koordinatenachsen des Sensorensystems konnte damit auch nicht erreicht werden.

2. Beschreibung des Magnetpositionierers

Von diesen Überlegungen ausgehend, haben wir eine Art von Justierhilfe, den Magnetpositionierer, hergestellt (siehe Abbildung 9). Er besteht aus zwei Antennenteilen, einem Verbindungsstück und einem Magnetzubringer.

In dem Magnetzubringer sind zwei Eisenstäbchen eingelassen, um über die Anziehungskräfte den Magneten am Gerät festzuhalten.

Abbildung 9: Magnetpositionierer



3. Praktische Anwendung

Die Antennenteile des Positionierers werden vor dem Anbringen und Ausrichten des Kopfgestells des Sirognathographen über zwei Gummizüge an den Sensoren festgemacht (siehe Abbildung 10). Das Oberteil des Kopfgestells wird mit dem Gummiband am Hinterkopf des Patienten befestigt.

Man läßt den Patienten schließen, zieht seine Unterlippe nach unten und "peilt" mit dem Magneten, der mit dem Positionierer und dem Sensorenteil zusammenhängt, die UK-Frontzahnhälse an. Man zieht die Befestigungsschrauben fest, geht mit einer mit Skutan gefüllten Spritze um den Magneten herum und preßt den Kunststoff an die labialen Zahnflächen; man schließt den Magneten im Kunststoff ein.

Wichtig ist, die UK-Frontzahnimpressionen im Skutan zu bekommen.

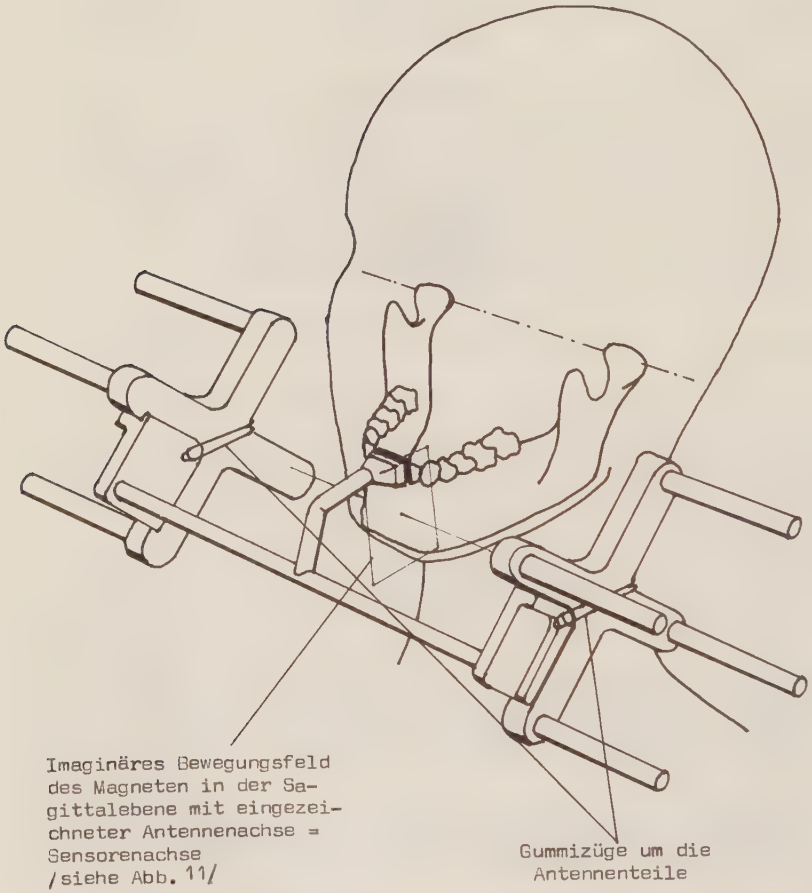
Ist ein starker Unterbiß vorhanden, läßt man Skutan von den Zahnhälsen in die Umschlagsfalte auslaufen und befestigt den Magneten tiefer apikal. Man wartet, bis das Skutan abgebunden hat, nimmt die Gummizüge ab und damit den Positionierer mit dem Magneten im Skutan. Man trennt den Magneten im Kunststoff von dem Positionierer, beschleift die scharfen Kanten, aber auch die Impressionen der oberen Incisivi. Auf diese Weise bleibt der Magnet immer paraokklusal.

Anschließend befestigt man den Magneten an den Zahnhälsen mit einem temporären Zement, wobei die Skutanimpressionen der Labialflächen die mit dem Positionierer gefundene Lage wiedergeben.

4. Optimierung der Übertragbarkeit durch die "Bewegungsfelder"

Der Magnet befindet sich in der I.O.S. (Interkuspidale Okklusions-Stellung) in der Mitte des Sensorensystems.

Abbildung 10: Die Lage des Magnetpositionierers am Antennenteil



Die Aufzeichnungen der Bewegungen in der Sagittalebene, z.B. der Grenzbewegungsuntersuchung, haben gezeigt, daß die meisten von ihnen in einem imaginären "Rechteck" von ca. 30 mm x 40 mm stattfinden, wobei sich die I.O.S. (= Ausgangslage des Magneten) ca. 10 mm von der medianen "Kante" des Rechtecks befindet. Deswesen haben wir für die Grenzbewegungsuntersuchung einen "Positionierer I" hergestellt, der den Magneten in die für diese Untersuchung optimalste Lage bringt (siehe Abbildung 11, Positionierer I).

Ähnlich ist es bei den Kaubewegungen; Das imaginäre "Rechteck" in der Segittalebene ist aber nur 8 mm x 20 mm groß, und die I.O.S. liegt hier 1 mm vor der medianen "Kante" des Rechtecks entfernt (siehe Abbildung 11, Positionierer II). Für die Kaubewegungsuntersuchung ist dann der Positionierer II empfehlenswert.

Mit den zwei Positionierern erreichen wir, daß unsere Aufzeichnungen im Bereich der besten und genauesten Übertragbarkeit des Systems liegen und damit der minimalsten Verzeichnung unterliegen.

5. Zusammenfassung

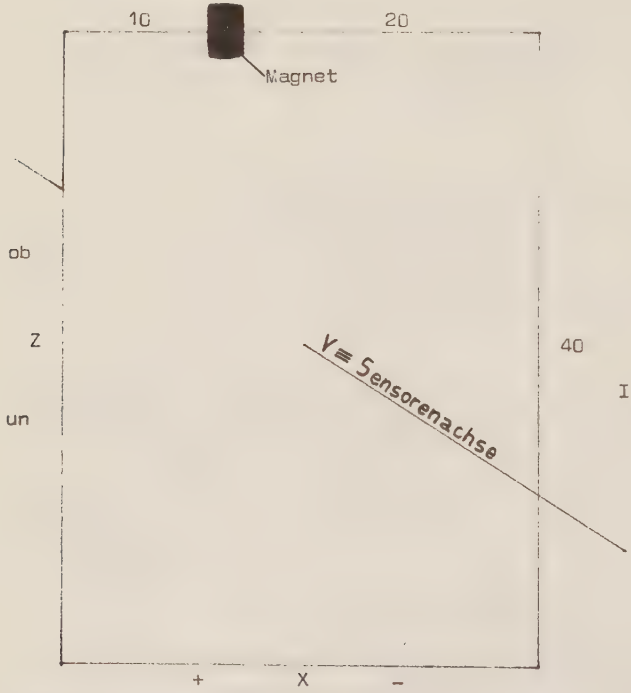
Der Magnetpositionierer ermöglicht uns:

1. die Mitte des Sensorensystems nach der UK-Front zu orientieren und in dieser Lage den Magneten anzubringen,
2. die Übereinstimmung der Feldachsen des Magneten mit den Koordinatenachsen des Sensorensystems zu erzielen,
3. den Magneten in die optimalste Lage des gerade untersuchten Bewegungsfeldes zu stellen (Positionierer I oder II).

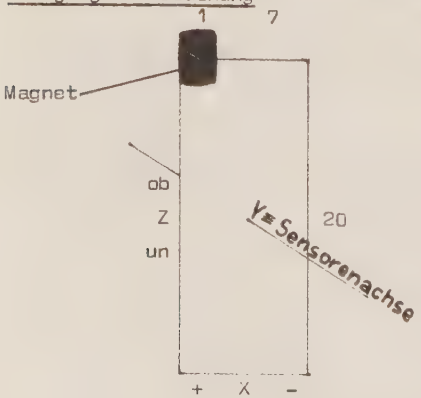
Damit sind die Forderungen an die Reponierbarkeit des Magneten, aber auch an die Reproduzierbarkeit und die Vergleichbarkeit der Bewegungsuntersuchungen zufriedenstellend erfüllt.

Abbildung 11: Imaginäre Bewegungsfelder des Magneten in der Sagittalebene

-Positionierer I mit Festlegung der Magnetlage bei der Grenzbewegungsuntersuchung



-Positionierer II mit Festlegung der Magnetlage bei der Kaubewegungsuntersuchung



D. BEWEGUNGSUNTERSUCHUNGEN

Mit bisherigen Ergebnissen haben wir festgestellt, daß eine qualitative und quantitative metrische Analyse mit dem Sirognathographen möglich ist. Im folgenden werden wir mit dem Kinesiographen versuchen, die Zusammenhänge im Funktionsbereich des Kauorgans räumlich darzustellen.

I. Ziel der Untersuchungen

Mit dem Sirognathograph steht uns ein Gerät zur Verfügung, das nahezu interferenzfrei, d.h. gewichts- und reizfrei, die Kinematik der Kieferbewegung räumlich erfassen kann. Nach unserem Ermessen hat die Aufzeichnungsmethode einen vernachläßigbaren Einfluß auf die Funktion des stomatognathen Systems. Aus der Neurophysiologie wissen wir aber von der Fülle der "inneren und äußeren" Impulse, die auf das Kausystem ihre Wirkung ausüben und es dadurch beeinflussen können. Bei unserer Untersuchungsmethode haben wir darauf geachtet, den Patienten möglichst wenig zu beeinträchtigen.

Bei den Untersuchungen der Kinematik der Unterkieferbewegungen ist nicht nur entscheidend, eine interferenzfreie Methode anzuwenden, sondern auch den Patienten "ungestört" zu lassen, d.h. seine "inneren Einflüsse" zu steuern bzw. möglichst klein zu halten.

In unserer Arbeit haben wir versucht, die Grenz- und Kaubewegungen zu untersuchen, ohne das Biofeedback-System, d.h. die neuromuskuläre Steuerung des Patienten zu beeinflussen. Bei den Bewegungsvergleichen haben wir die gleiche Bewegung auf ihre Variabilität und ihre Reproduzierbarkeit beurteilt. Wir haben den Patienten die Grenzbewegungen auch in der umgekehrten Reihenfolge ausüben lassen und dann den ursprünglichen Aufzeichnungen gegenübergestellt. Die Kaubewegung haben wir im Verhältnis zu den neuromuskulär gesteuerten Grenzbewegungen untersucht. Weiter haben wir die Bewegungsmuster, die wir von Patientenmodellen im Artikulator gewonnen haben, mit den Originalauf-

zeichnungen verglichen.

Wir werden 20 Patienten nach den Ergebnissen der Funktionsanalyse und der Kinesiographie charakterisieren und dann die individuellen und allgemeinen Bewegungsvergleichsergebnisse diskutieren.

II. Methode

1. Ablauf der Untersuchung am Patienten

Das Kopfgestell des Sirognathographen wurde am Patienten angebracht und entsprechend ausgerichtet. (176) Der Permanentmagnet wurde mit dem Magnetpositionierer in die richtige Ausgangslage gebracht. Dem Patienten wurde eine aufrechte, bequeme Sitzposition mit einer festen Kopfstütze angeboten. Anschließend wurde der Patient aufgefordert, folgende Unterkieferbewegungen auszuführen:

- Grenzbewegungen "unter Zahnkontakt":

  links - auf - rechts - zu (= larz),
  rechts - auf - links - zu (= ralz),
  links - vor - rechts - zu (= lvrz),
  rechts - vor - links - zu (= rvlz),
  vor - auf - zu (= raz),
  aur - vor - zu (= avz),

- und eine freie Kaubewegung mit einem definierten Testbolus.

Die Bewegungsmuster wurden mit dem X-Y-Schreiber festgehalten.

Anschließend wurden im Zuge der großen Funktionsanalyse mit Axiographie und achsengerechter Situationsübertragung die Kiefermodelle des Patienten in den SAM-Artikulator einartikuliert.

2. Ablauf der Untersuchung am SAM-Artikulator

Die Lage des Permanentmagneten vom Patienten wurde über die labialen Skutanimpressionen auf die Kiefermodelle im Artikulator übertragen. Mit Hilfe von einem Hilfsgestell und dem Magnetpositionierer wurde das Sensorenteil des Sirognathographen in gleiche Lage zum Magneten gebracht, wie es beim Patienten der Fall war. Danach wurden mit dem Artikulatorunterteil die gleichen Grenzbewegungen, die vom Patienten ausgeführt worden sind, nachgeahmt und wiederum mit dem X-Y-Schreiber festgehalten.

3. Bewegungsmustervergleiche

In dem Auswertungsteil der Arbeit wurde die funktionsanalytische und kinematische Patientencharakteristik durchgeführt. Anschließend wurden die Bewegungsmuster auf

i) die Variabilität der gleichen Bewegung,

ii) den Vergleich in der umgekehrten Reihenfolge der Bewegungen,

iii) die Kau- zur Grenzbewegung,

iiii) den Vergleich Patient - Artikulator

beurteilt und nach den individuellen und allgemeinen Aspekten ausgewertet.

III. Hilfselemente

Zusätzlich zu früher beschriebenen Hilfselementen haben wir beurteilt:

- den SAM-Artikulator (165) - ein teiljustierbarer Artikulator nach dem Arcon-Prinzip;
- den Axiographen (7) - ein Gerät zur direkten Messung der horizontalen Kondylenbahnneigung, der Bennett-Werte, Scharnierachsenlokalisatior und Transferinstrument mit seinen Montagebehelfen;
- ein Hilfsstativ zur Aufnahme vom SAM-Artikulator und dem Sensorenteil des Sirognathographen, mit dem die "Kieferbewegungen" im Artikulator aufgezeichnet worden sind.

Das Stativ, das Oberteil des Artikulators und das ausgerichtete Antennenteil bildeten ein ganzes. - Das Unterteil des Artikulators wurde über Gummizüge am Oberteil aufgehängt und damit bewegbar. Beim Hilfsstativ, beim Artikulator und bei den Verbindungselementen wurden alle ferromagnetisch wirksamen Materialien, z.B. Eisen-, Nickelmetalle, durch andere ersetzt.

IV. Patientenuntersuchung

Beim Anbringen des Sirognathographen am Patienten wurde für einen festen, symmetrischen Sitz des Kopfgestells gesorgt. Das Kopfteil wurde seitlich nach der Frankfurter Horizontalen, frontal parallel der Bipupillarlinie ausgerichtet. Der Permanentmagnet wurde mit Hilfe vom Magnetpositionierer in die richtige Lage gebracht und mit Skutan und Temp-Bond an den UK-Incisivi, paraokklusal, angebracht (siehe Magnetpositionierer). Es wurde darauf geachtet, eine möglichst geringe Anzahl von Zähnen (1 bis 3) zu verblocken, um das Tastempfinden der Frontzähne (Eckzähne) nicht zu stören.

Der Patient wurde in eine aufrechte, bequeme Sitzposition mit einer festen Kopfstütze (Haut-Neuro-Input = neurologische Fixation) ge-

bracht. Es wurde unsererseits versucht, die Untersuchung in einer ruhigen, gelösten Atmosphäre durchzuführen, um die Psyche des Patienten nicht zu irritieren. Auch wenn die Reihenfolge der durchzuführenden Bewegungen durcheinandergekommen ist, wurde kaum eingegriffen. Der Patient wurde lediglich aufgefordert, diejenige Bewegungsfolge zu wiederholen.

Dem Patienten wurde erklärt, daß die Ausgangsstellung aller Bewegungen die "zugebissene", habituelle Lage sei und die Grenzbewegungen immer unter "Zahnführung" auszuüben seien. Vor der Aufzeichnung wurde dem Patienten nocht gesagt, er möchte bei den Bewegungen nur den Unterkiefer und nicht den Kopf bewegen. Die Größe der Auslenkung wurde seinem persönlichen Ermessen überlassen. Er wurde instruiert, die Bewegung z.B. links - auf - rechts - zu (= larz) auszuführen; die Bewegung wurde ihm vom Behandler vorgeführt, anschließend meist vom Patienten einmal "ausprobiert" und dann nach Aufforderung dreimal wiederholt und aufgzeichnet.

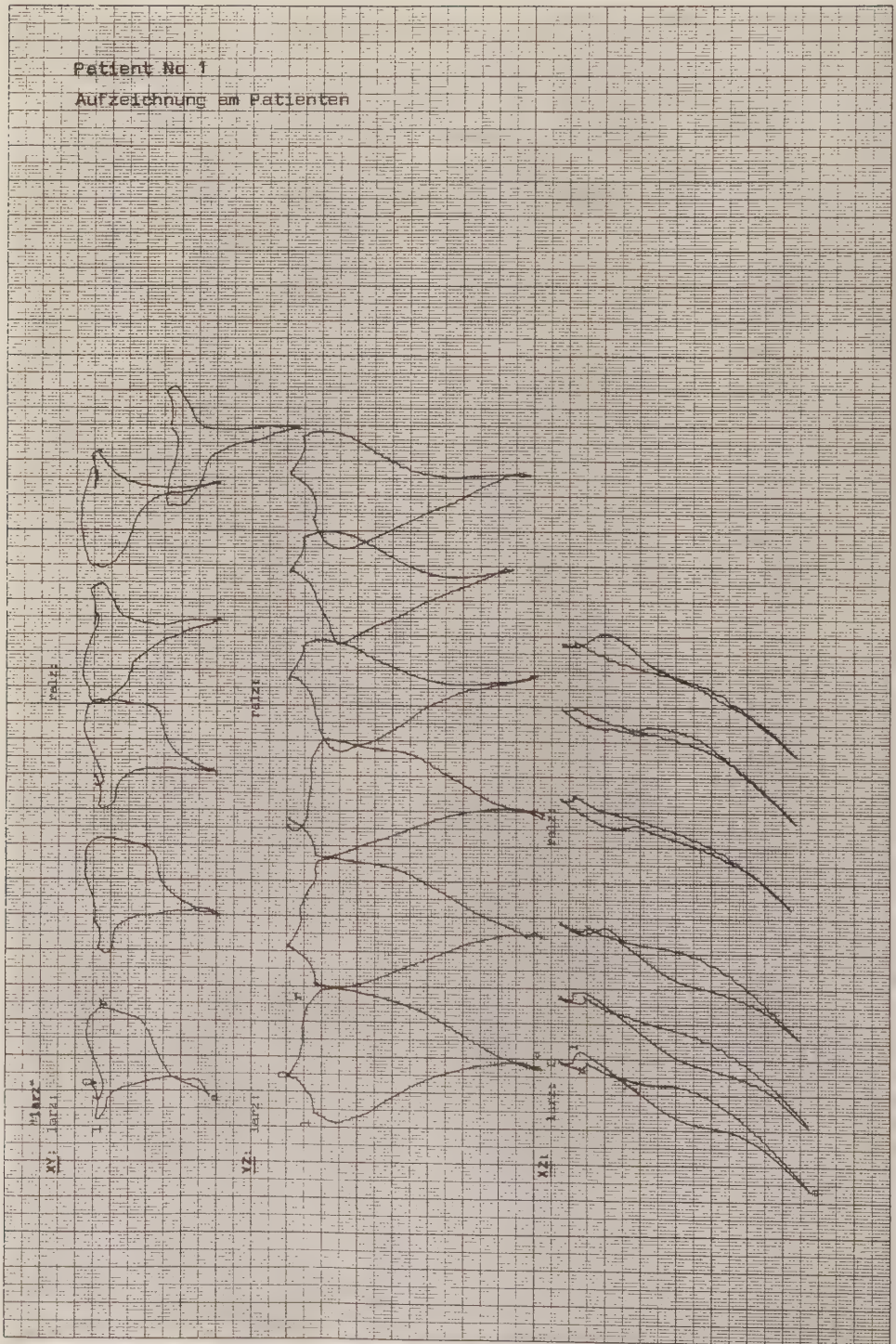
So wurden alle sechs Grenzbewegungsmuster (larz, ralz, lvrz, rvlz, vaz, avz) jeweils dreimal ausgeführt und aufgezeichnet. Am Ende wurde der Patient aufgefordert, einen "Gummi-Bär" der konstanten Größe 18 x 15 x 12 mm zu kauen, einen mittelharten, doch nicht auf Anhieb "zerbeißbaren" Bolus.

Als Beispiel werden die Aufzeichnungen des Patienten No. 1 angeführt.

ESTERLINE ANGUS
INDIANAPOLIS, INDIANA U.S.A.
CHART NO. 16800543-001

Patient No 1

Aufzeichnung am Patienten



ESTERLINE ANGUS
INDIANAPOLIS, INDIANA U.S.A.
CHART NO. 16800543-001

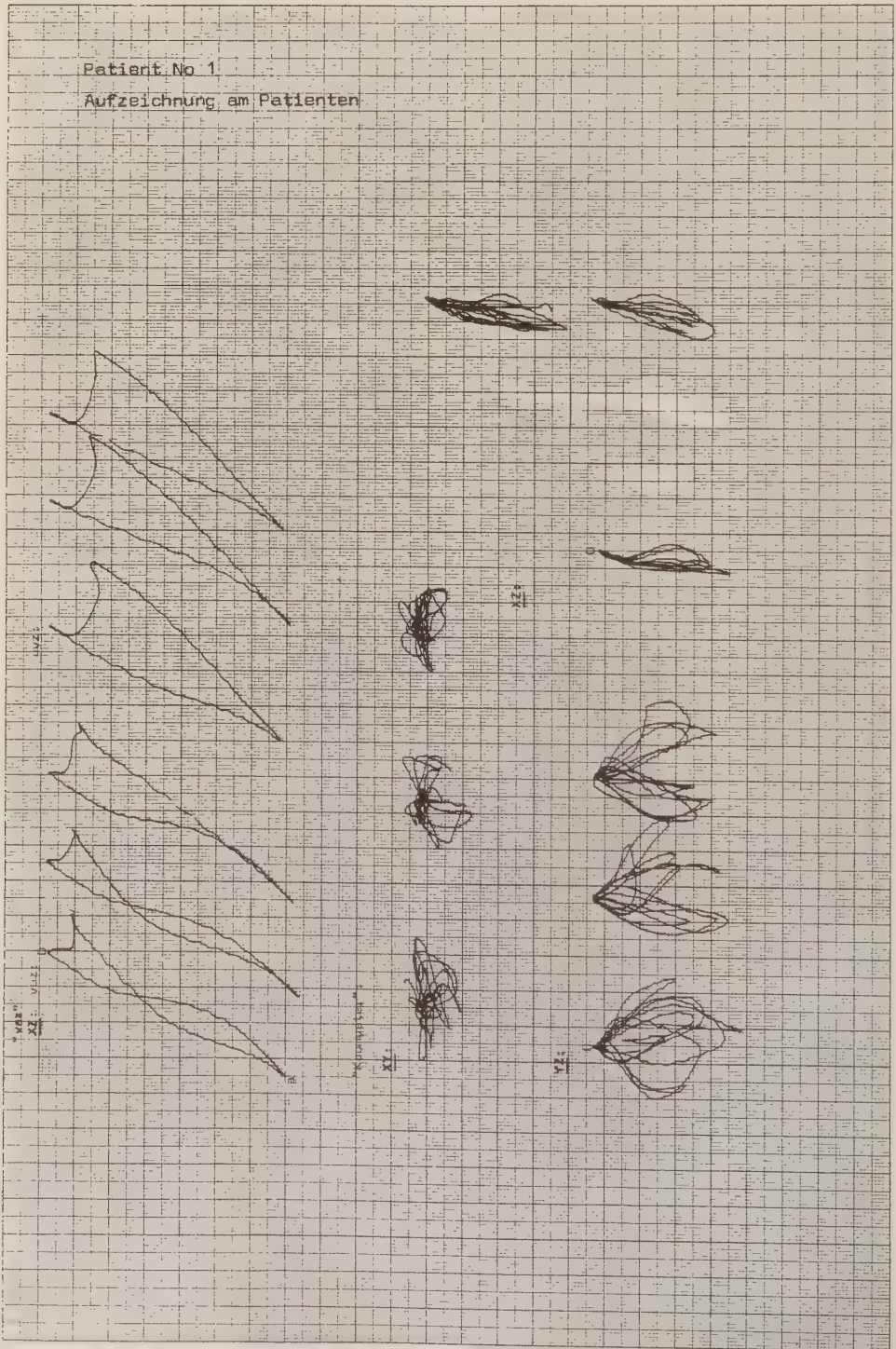
Patient No1

Aufzeichnung am Patienten

ESTERLINE ANGUS
INDIANAPOLIS, INDIANA U.S.A.
CHART NO. 16800543-001

Patient No 1

Aufzeichnung am Patienten



Bei allen kinesiographisch untersuchten Patienten wurde die große Funktionsanalyse durchgeführt, auf die hier nur mit ausgewählten Kapiteln und teils stichwortartig eingegangen werden soll.

Zuerst wurde ein Funktionsstatus ausgefüllt und die Kiefermodelle im Hartgips (OK-Modell mit Splitcast versehen) hergestellt. Im Zuge der Axiographie (7, 141, 178) haben wir durch die direkte Messung die horizontale Kondylenbahnneigung und die Bennett-Werte ermittelt. Aufgrund der axialen und gelenknahen Aufzeichnung entstehen bei dieser Methode keine wesentlichen Verzerrungen; demzufolge sind die Ergebnisse direkt interpretierbar und verwertbar. Der Axiograph ist gleichzeitig ein Scharnierachsenlokalisator und ein Transferinstrument, mit dessen Hilfe wir auch das OK-Modell auf den SAM-Artikulator übertragen und montiert haben. Die UK-Zuordnung soll hier ausführlicher beschrieben werden:

Ein störungsfreies Funktionieren der stomatognathen Elemente läßt sich im Rahmen therapeutischer Maßnahmen nur auf der Basis eines relaxierten neuromuskulären Systems erzielen. Um die neuromuskulär "gerechte" Kieferrelation zu erzielen, gehört als "Mindestmaß" dazu,

a) das neuromuskuläre System zu entspannen,
b) okklusale Interferenzen sicher auszuschalten,
c) artikuläre Strukturen zu entlasten,
d) Parafunktionen zu blockieren. (167)

Es sollte das durch die Vorbehandlung (Entspannungs- und Stabilisierungsschiene) erreichte neuromuskuläre Equilibrium (50) störungsfrei in unsere Artikulatormontage übertragen werden. Das setzt voraus, daß Registrate verwendet werden, die das Muskelgleichgewicht nicht beeinflussen.

Für die Diagnostik haben wir Plattenregistrate aus Beauty-Pink extra Hart-Wachs verwendet, die mit selbstklebender Aluminiumfolie verstärkt wurden und der Entspannungsplatte entsprechend palatinal der oberen Schneidezähne ein horizontales Aufbißplateau für die mittleren unteren Schneidezähne besaßen. Zur Ausschaltung der Irritation

des Muskelgleichgewichts durch die Einengung des Zungenraumes wurde die Platte nach der Gaumenkrümmung ausgeformt. Da das Wachs ausschließlich gut gekühlt verwendet wurde (Eiswasser), erhielten wir bei der Belastung der Frontzähne eine zusätzliche Information für die Muskulatur. Durch die Tripodisierung im Kiefergelenk und den frontalen Aufbiß ist ein für die Gelenkzentrierung notwendiges Muskelgleichgewicht einstellbar. Die Registrierung der "therapeutischen" Zentrik erfolgte mit der Zinkoxidpaste.

Die "Manipulation" des Behandlers beschränkte sich darauf, dem Patienten die Frontzahninformation über das Registrat zu vermitteln und die Zentrierung des Discus über das Muskelgleichgewicht vom Patienten selber durchführen zu lassen, durch leichte Tonisierung der Masseterschlinge (50). Mit diesem Zentrikregistrat wurde die Unterkieferzuordnung im Artikulator vorgenommen.

V. Untersuchung am Artikulator

Die individuellen Axiographiewerte und die Patientenmodelle wurden auf den im Hilfsgestell integrierten SAM-Artikulator übertragen.

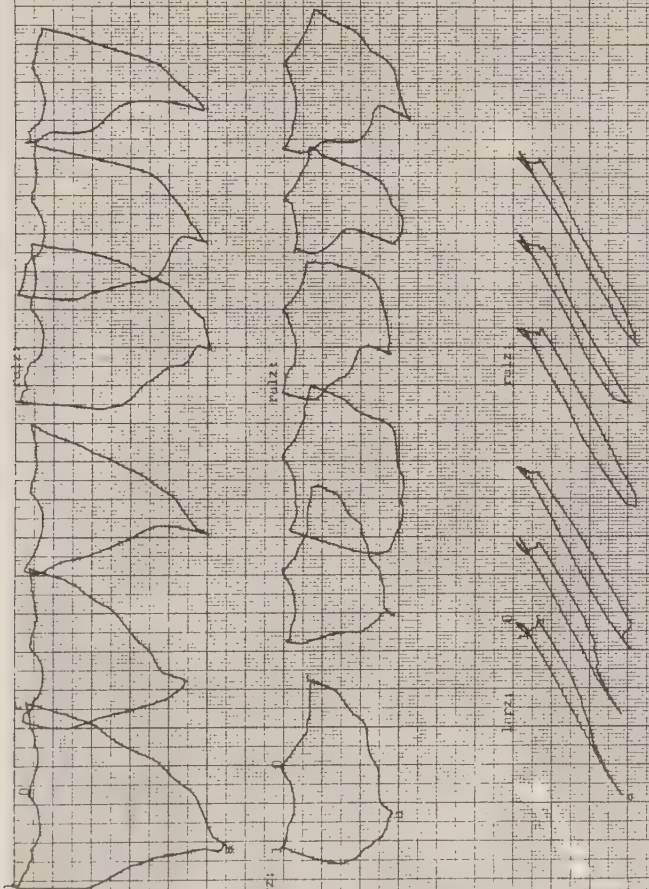
Mit Hilfe der labialen UK-Frontzahnimpressionen im Skutan wurde die Magnetlage vom Patienten auf die UK-Modelle übertragen und mit Klebewachs festgehalten. Das Sensorenteil wurde unter Anwendung des Magnetpositionierers nach dem Magnet ausgerichtet und in das Hilfsgestell integriert. Dadurch wurde das Lageverhältnis Sensoren - Magnet - Schädelreferenz vom Patienten auf den SAM-Artikulator übernommen. Mit dem beweglichen Artikulatorunterteil wurden manuell die gleichen Grenzbewegungsmuster, die von Patienten ausgeführt worden sind, "abgefahren" und aufgezeichnet.

Als Beispiel werden hier die Aufzeichnungen am Artikulator mit Patientenmodell No. 1 angeführt.

ESTERLINE ANGUS
INDIANAPOLIS, INDIANA U.S.A.
CHART NO. 16800543-001

Patient No. 1

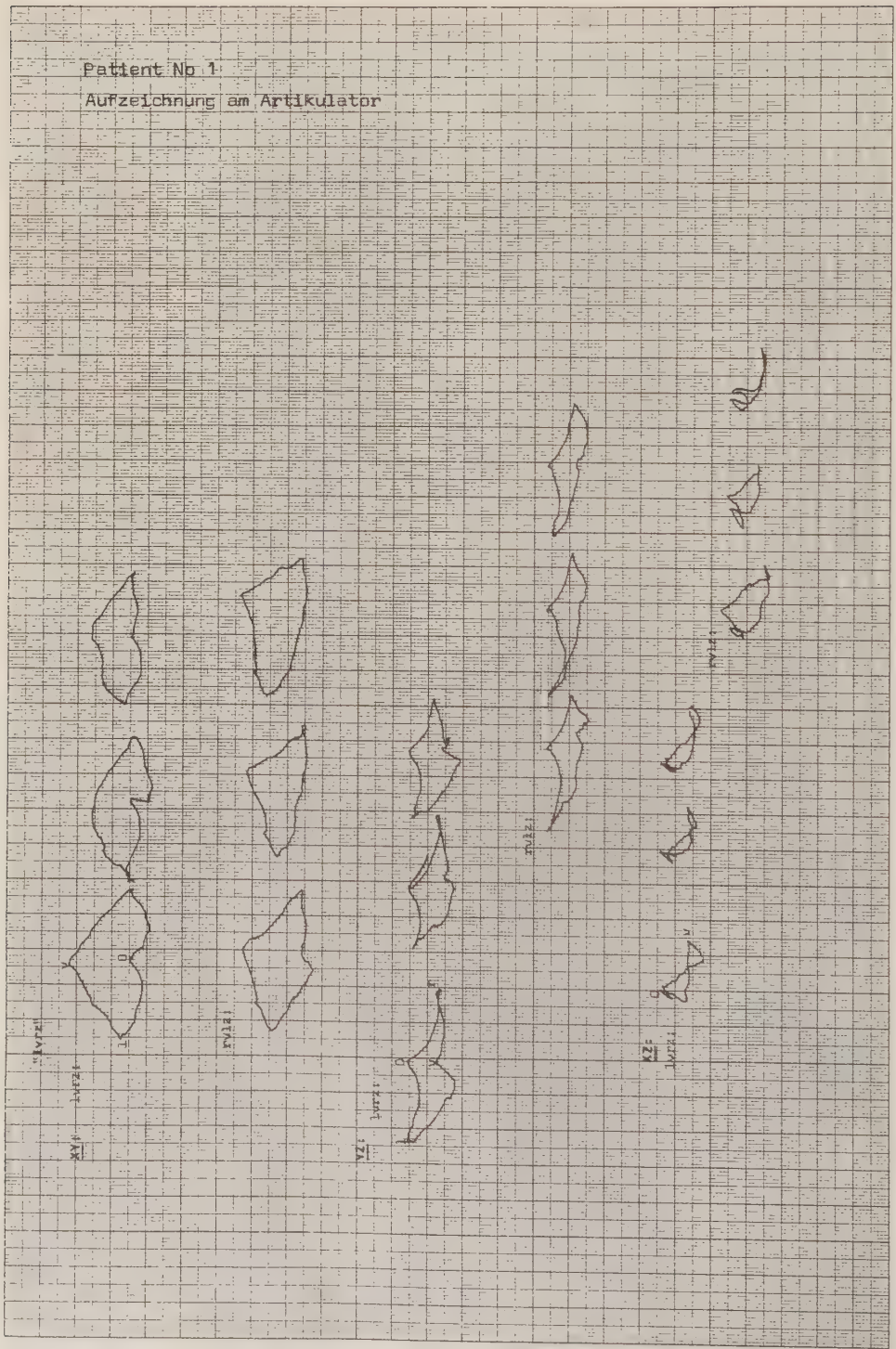
Aufzeichnung am Artikulator



ESTERLINE ANGUS
INDIANAPOLIS, INDIANA U.S.A.
CHART NO 16800543-001

Patient No 1

Aufzeichnung am Artikulator



ESTERLINE ANGUS
INDIANAPOLIS, INDIANA U.S.A.
CHART NO. 16800543-001

Patient No 1

Aufzeichnung am Artikulator

VI. Methodenkritik

Es gibt eine Anzahl von Fehlern in unserem Versuchsablauf, die wir nicht verhindern konnten, jedoch möglichst klein zu halten versucht haben.

So konnten wir die Verzeichnungsfehler des Systems, die wir bei unseren metrischen Analysen festgestellt haben, durch die genaue Reponierbarkeit des Magneten (durch den Magnetpositionierer) vernachläßigbar klein halten. Die ferromagnetischen Störungsquellen wurden im Rahmen des Möglichen aus dem Bereich des Kopfgestells ferngehalten bzw. als statischer Störfaktor zur konstanten Größe (Fehlerkonstanz), und damit nicht unmittelbar auf das Meßergebnis einflußnehmend.

Die Übertragung des Lageverhältnisses Sensoren - Magnet - Schädelreferenz vom Patienten auf den Artikulator hatte in der Zuordnung des Sensorensystems ihre größte Fehlerquelle - das lag meistens an der Vielzahl von Verbindungselementen und an den technischen Methodenschwächen.

Wir konnten nicht immer ausschließen, daß der Patient bei der Unterkieferbewegung auch den Kopf und damit die Sensoren geringfügig verlagert hat. In solch einem Fall hat die Inhomogenität des Endmagnetfeldes unsere Ergebnisse leicht beeinträchtigt.

Durch die geringe Einflußnahme auf den Patienten wurden auch Fehler seinerseits gemacht, wie z.B. manchmal keine Zahnführung bei der Anfangsbewegung.

Durch die dreifache Ausführung jeder Bewegungsfolge konnten die "Fehler", die durch den Patienten verursacht worden sind, meistens "abgefangen" werden. Die restlichen Fehlerquellen konnten als klein beurteilt werden; sie haben unsere Vergleichsuntersuchungen kaum beeinflußt.

ERGEBNISSE

VII. Bewegungsmustervergleiche

Für die Vergleichsuntersuchungen haben wir die entsprechenden Originalaufzeichnungen aufeinander projiziert. Die dadurch entstandenen Vergleichsmuster werden hier in folgender Reihenfolge gezeigt:

i) Variabilität der gleichen Bewegung (Patient)

Patient No.:

XY	larz	ralz	
	lvrz	rvlz	
	vaz	avz	
YZ	larz	ralz	
	lvrz	rvlz	
	vaz	avz	
XZ	larz	ralz	
	lvrz	rvlz	
	vaz	avz	(60 Seiten)

ii) Bewegungsmustervergleich

Patient No.:	larz - ralz	
	lvrz - rvlz	
	vaz - avz	(60 Seiten)

iii) Kaumuster à Grenzbewegungsmuster

Patient No.:	XY	
	YZ	
	XZ	(20 Seiten)

iiii) Grenzbewegungsmustervergleich Patient - Artikulator

Patient No.

XY	larz	ralz	
	lvrz	rvlz	
	vaz	avz	
YZ	larz	ralz	
	lvrz	rvlz	
	vaz	avz	
XZ	larz	ralz	
	lvrz	rvlz	
	vaz	avz	(60 Seiten)

Maßstab 2:1 (Ausnahme: Aufzeichnung beim Patienten No. 2 - Maßstab 1:1). Hier bei einer DIN-A4-Seite!

No 1

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XY

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 1

Variabilitut der gleichen Bewegung /Patient/

YZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No1

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XZ

larz

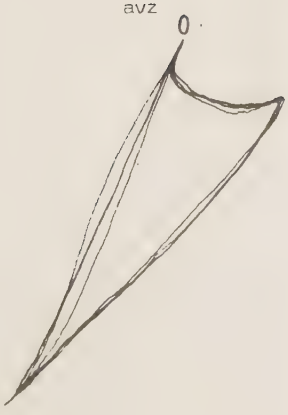
ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz



No 2

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XY:

larz

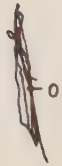
ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz



No 2

Variabilität der gleichen Bewegung/Patient/

YZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 2

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

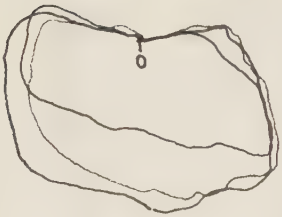
avz

No 3

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XY:

larz



ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 3

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

YZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 3

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 4

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XY:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 4

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

YZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 4

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XZ:

larz

ralz

Lvrz

rvlz

vaz

avz

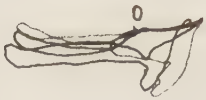
No 5

Variabilität dergleichen Bewegung /Patient/

XY:

larz

ralz



lvrz

rvlz

vaz

avz

NO 5

Variabilität der gleichen Bewegung/Patient/

YZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 5

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XZ:

larz

relz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 6

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XY :

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 6

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

YZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 6

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

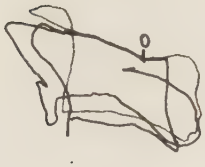
avz

No 7

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

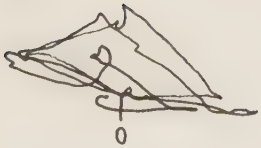
XY:

larz



ralz

lvrz



rvlz

vaz

avz

No 7

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

YZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 7

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XZ:

Larz

ralz

lvrz

rvlz

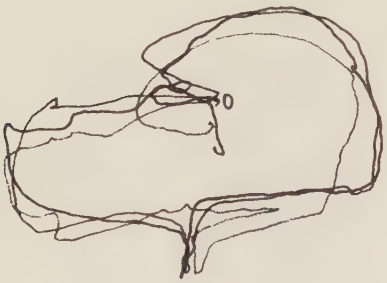
vaz

avz

No. 8

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XY: larz



ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

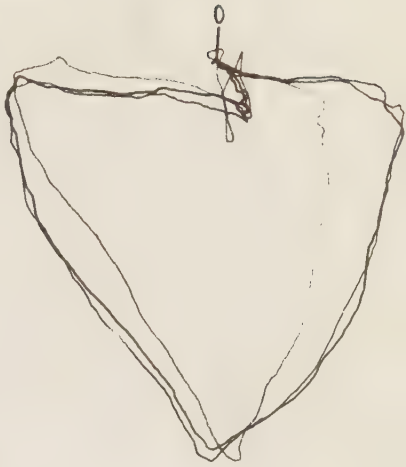
No 8

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

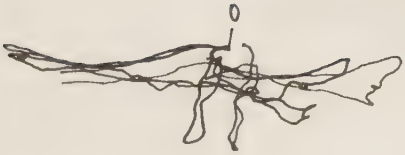
YZ:

larz

ralz



lvrz



rvlz

vaz

avz

No 8
Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 9

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XY:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 9

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

YZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 9

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

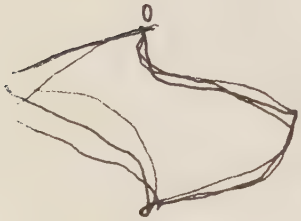
avz

No 10

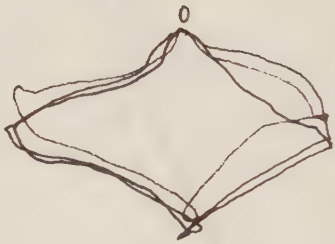
Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

xy:

larz



ralz



lvrz

rvlz

vaz

avz

No 10

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

YZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 10

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

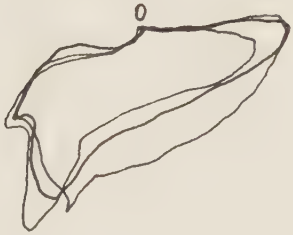
No 11

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XY

larz

ralz



lvrz

rvlz

vaz

avz

No 11

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

YZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 11

Variabilität der gleichen Bewegung/Patient/

XZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 12

Variabilität der gleichen Bewegung /Patien/

XY

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 12

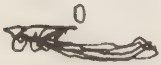
Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

YZ

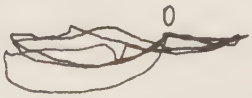
larz

ralz

lvrz



rvlz



vaz

avz

No 12

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 13

Variabilität der gleichen Bewegung/Patient/

XY

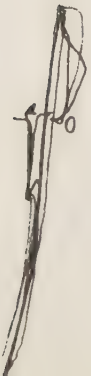
larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz



avz

No 13

Variabilitat der gleichen Bewegung /Patient/

YZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 13
Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/
XZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 14

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XY

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

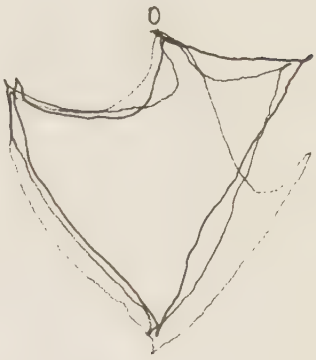
No 14

Variabilitat der gleichen Bewegung /Patient/

YZ

larz

ralz



lvrz

rvlz

vaz

avz

No14

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

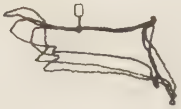
avz

No 15
Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XY:

larz

ralz



lvrz

rvlz

vaz

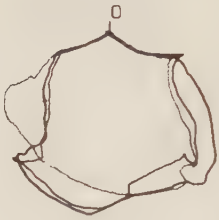
avz

No 15
Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

YZ:

larz

ralz



lvrz

rvlz

vaz

avz

No 15
Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XZ:
larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 16

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XY

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 16

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

YZ

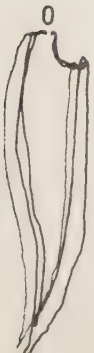
larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz



avz

No16

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 17

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XY

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 17

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

YZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 17

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 18

Variabilitat der gleichen Bewegung /Patient/

XY

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

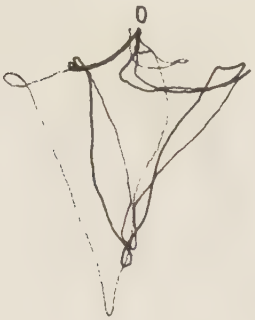
avz

No 18

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

YZ

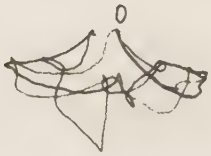
larz



ralz

lvrz

rvlz



vaz

avz

No 18

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XZ

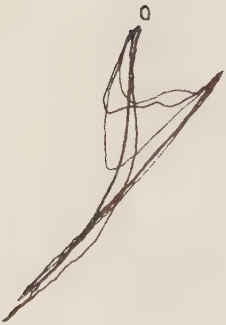
larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz



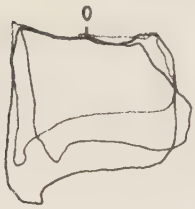
avz

No 19

Variabilitat der gleichen Bewegung /Patient/

XY

larz



ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 19

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

YZ

larz

mälz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 19

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XZ

larz

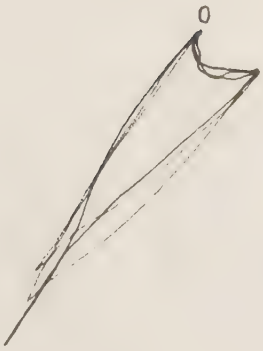
ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz



No 20

Variabilitat der gleichen Bewegung /Patient/

XY

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 20

Variabilitat der gleichen Bewegung /Patient/

YZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 20

Variabilität der gleichen Bewegung /Patient/

XZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

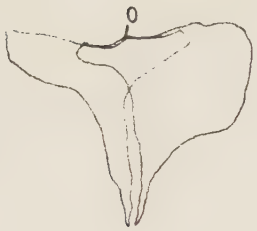
vaz

avz

No 1

Bewegungsmustervergleich larz-ralz

XY



YZ

XZ

No 1

Bewegungsmustervergleich lvrz-rvlz

XY

YZ

XZ

No 1

Bewegungsmustervergleich vaz-avz

XY

YZ

XZ

No 2

Mustervergleich larz-ralz

XY

YZ

XZ

No 2

Mustervergleich lvrz-rvlz

XY

YZ

XZ

No 3

Mustervergleich lvrz-rvlz

XY

YZ

XZ

No 3

Bewegungsmustervergleich vaz-avz

XY

YZ

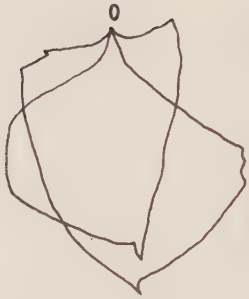
Xz

No 4

Mustervergleich larz-ralz

XY

YZ



XZ

No 4

Mustervergleich lvrz-rvlz

XY

YZ

XZ

No 4

Bewegungsmustervergleich vaz-avz

XY

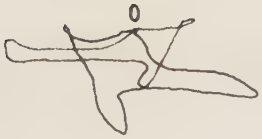
YZ

XZ

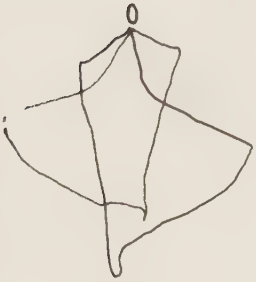
No 5

Mustervergleich larz-ralz

XY



YZ

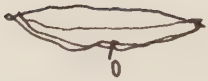


XZ

No 5

Mustervergleich lvrz-rvlz

XY



YZ

XZ

No 5

Bewegungsmustervergleich vaz-avz

XY

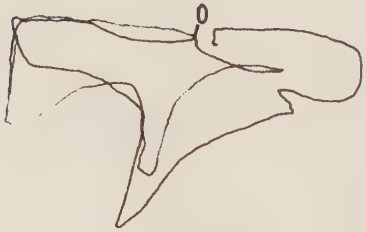
YZ

XZ

No 6

Mustervergleich larz-ralz

XY



YZ

XZ

No 6

Mustervergleich lvrz-rvlz

XY

YZ

XZ

No 6

Bewegungsmustervergleich vaz-avz

XY

YZ

xz

No 7

Mustervergleich larz-ralz

xy

YZ

XZ

No 7

Mustervergleich lvrz-rvlz

XY

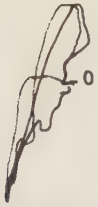
YZ

XZ

No 7

Bewegungsmustervergleich vaz-avz

XY



YZ

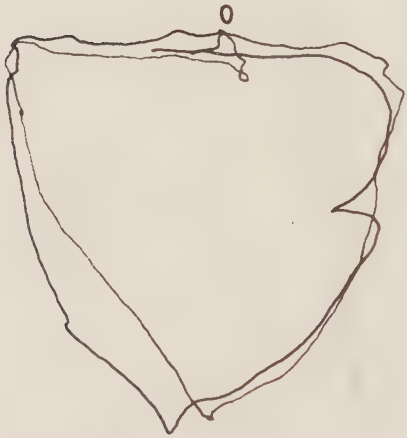
XZ

No 8

Mustervergleich larz-ralz

XY

YZ



XZ

No 8

Mustervergleich lvrz-rvlz

XY

YZ

XZ

No 8

Bewegungsmustervergleich vaz-avz.

XY

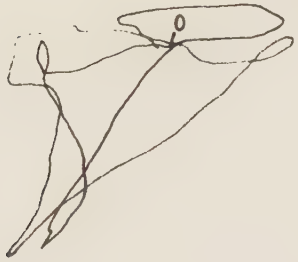
YZ

XZ

No 9

Mustervergleich larz-relz

XY



YZ

XZ

No 9

Mustervergleich lvrz-rvlz

XY

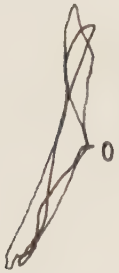
YZ

XZ

No 9

Bewegungsmustervergleich vaz-avz

XY



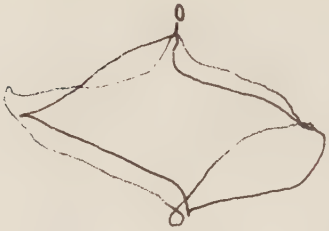
YZ

XZ

No 10

Mustervergleich larz-ralz

XY



YZ

XZ

No 10

Mustervergleich lvrz-rvlz

XY

YZ

XZ

No 10

Bewegungsmustervergleich vaz-avz

XY

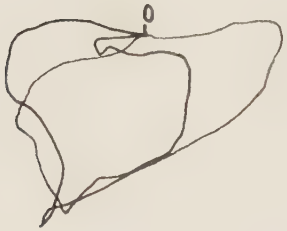
YZ

XZ

No 11

Bewegungsmustervergleich larz-ralz

XY



YZ

XZ

No 11

Bewegungsmustervergleich lvrz-rvlz

XY

YZ

XZ

No 11

Bewegungsmustervergleich vaz-avz

XY

YZ

XZ

No 12

Bewegungsmustervergleich larz-ralz

XY

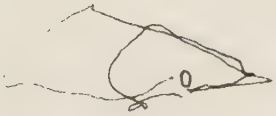
YZ

XZ

No 12

Bewegungsmustervergleich lvrz-rvlz

XY



YZ

XZ

No 12

Bewegungsmustervergleich vaz-avz

XY

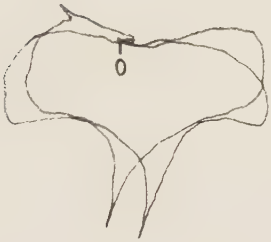
YZ

XZ

No 13

Bewegungsmustervergleich larz-ralz

XY



YZ

XZ

No 13

Bewegungsmustervergleich lvrz-rvlz

XY

YZ

XZ

No 13

Bewegungsmustervergleich vaz-avz

XY

YZ

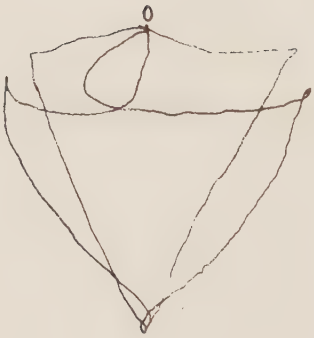
XZ

No 14

Bewegungsmustervergleich larz-ralz

XY

YZ



XZ

No 14

Bewegungsmustervergleich lvrz-rvlz

XY

YZ

XZ

No14
Bewegungsmustervergleich vaz-avz

XY

YZ

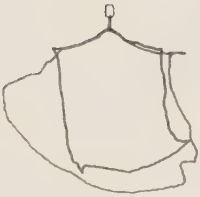
XZ

No 15

Mustervergleich larz-ralz

XY

YZ

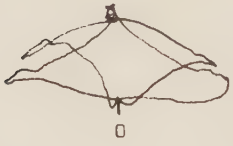


XZ

No 15

Mustervergleich lvrz-rvlz

XY



YZ

XZ

No 15

Bewegungsmustervergleich vaz-avz

XY

YZ

XZ

No 16

Bewegungsmustervergleich larz-ralz

XY

YZ

XZ

No 16

Bewegungsmustervergleich lvrz-rvlz

XY

YZ

XZ

No 16

Bewegungsmustervergleich vaz-avz

XY

YZ

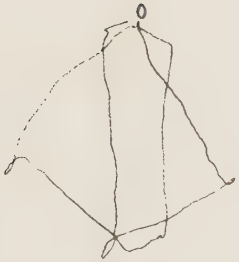
XZ

No 17

Bewegungsmustervergleich larz-ralz

XY

YZ



XZ

No 17

Bewegungsmustervergleich lvrz-rvlz

XY

YZ

XZ

No 17
Bewegungsmustervergleich vaz-avz

XY

YZ

XZ

No 18

Bewegungsmustervergleich larz-ralz

XY

YZ

XZ

No 18

Bewegungsmustervergleich lvrz-rvlz

XY

YZ

XZ

No 18

Bewegungsmustervergleich vaz-avz

XY

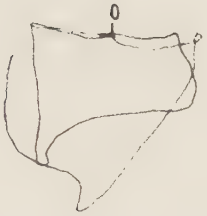
YZ

XZ

No 19

Bewegungsmustervergleich larz-ralz

XY



YZ

XZ

No 19

Bewegungsmustervergleich lvrz-rvlz

XY

YZ

XZ

No 19

Bewegungsmustervergleich vaz-avz

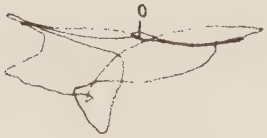
XY

YZ

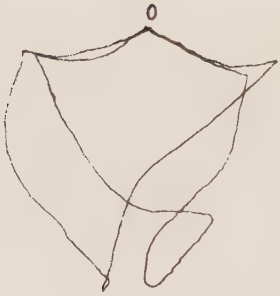
XZ

No 20
Bewegungsmustervergleich larz-ralz

XY



YZ



XZ

No 20
Bewegungsmustervergleich lvrz-rvlz

XY

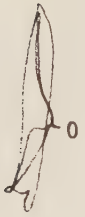
YZ

XZ

No 20

Bewegungsmustervergleich vaz-avz

XY



YZ

XZ

No 1

Kaumuster à Grenzbewegungsmuster

XY

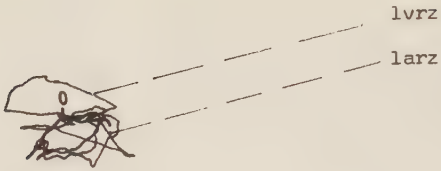
YZ

XZ

No 2

Kaumuster & Grenzbewegungsmuster

XY



YZ

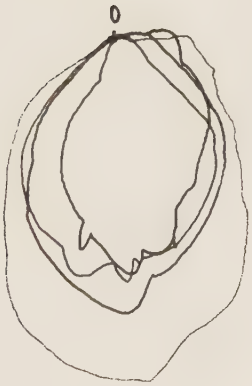
XZ

No 3

Kaumuster & Grenzbewegungsmuster

XY

YZ

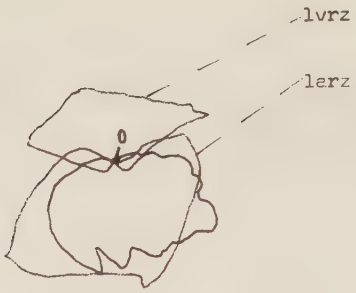


XZ

No 4

Kaumuster & Grenzbewegungsmuster

XY



YZ

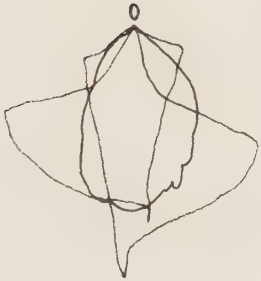
XZ

No 5

Kaumuster & Grenzbewegungsmuster

XY

YZ



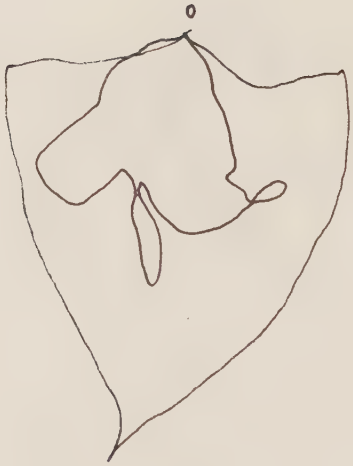
xz

No 6

Kaumuster & Grenzbewegungsmuster

XY

YZ

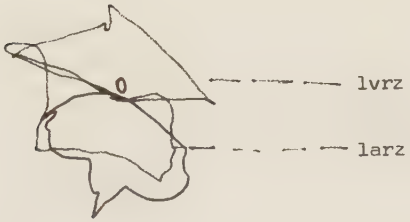


XZ

No 7

Kaumuster & Grenzbewegungsmuster

XY



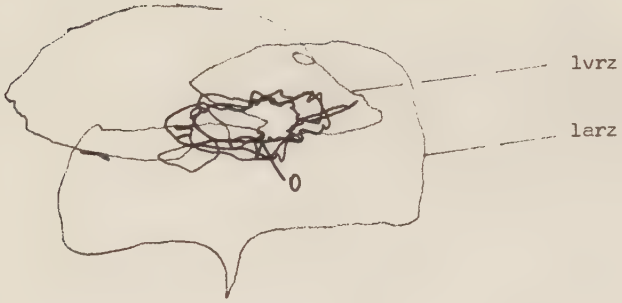
YZ

XZ

No 8

Kaumuster & Grenzbewegungsmuster

XY



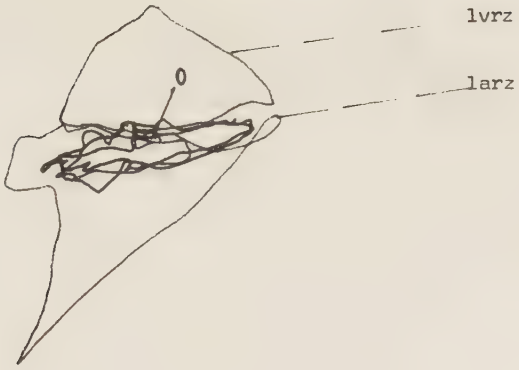
YZ

XZ

No 9

Kaumuster & Grenzbewegungsmuster

XY



YZ

XZ

No 10

Kaumuster & Grenzbewegungsmuster

XY

YZ

XZ

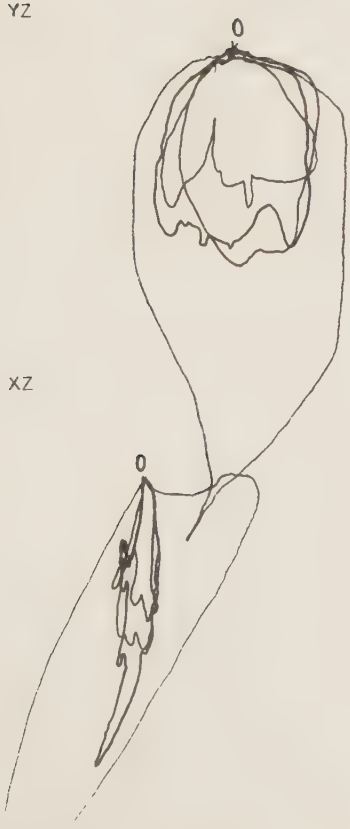
No 11

Kaumuster à Grenzbewegungsmuster

XY

YZ

XZ



No 12

Kaumuster & Grenzbewegungsmuster

XY

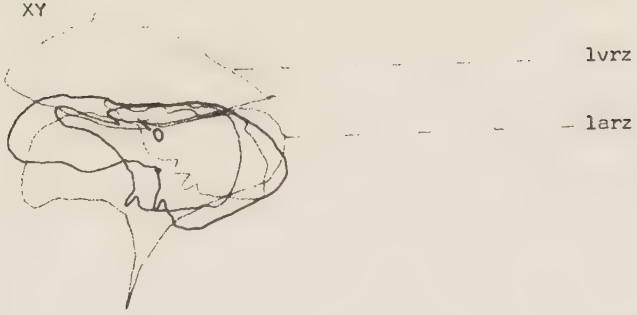
YZ

XZ

No13

Kaumuster & Grenzbewegungsmuster

XY



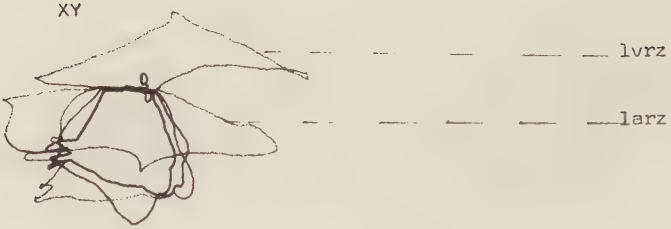
YZ

XZ

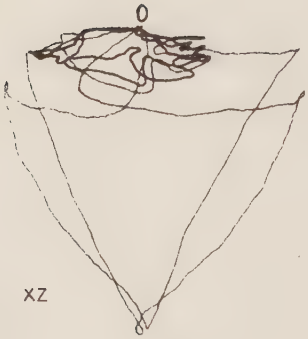
No 14

Kaumuster & Grenzbewegungsmuster

XY



YZ

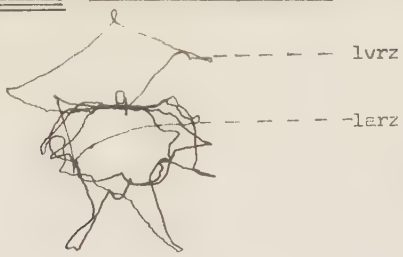


XZ

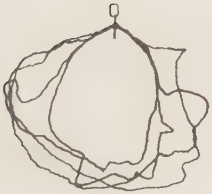
No 15

Kaumuster & Grenzbewegungsmuster

XY



YZ



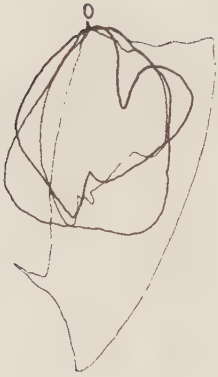
XZ

No 10

Kaumuster & Grenzbewegungsmuster

XY

YZ



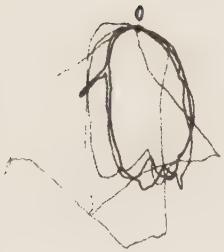
XZ

No 17

Kaumuster & Grenzbewegungsmuster

XY

YZ

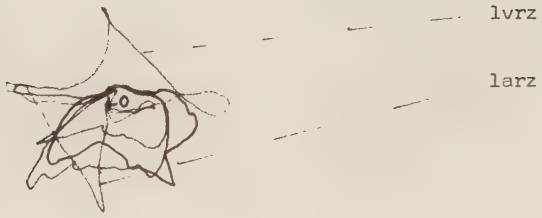


XZ

No 18

Kaumuster & Grenzbewegungsmuster

XY



YZ

XZ

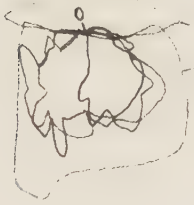
No 19

Kaumuster & Grenzbewegungsmuster

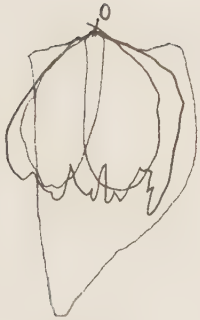
XY

lvrz

larz



YZ

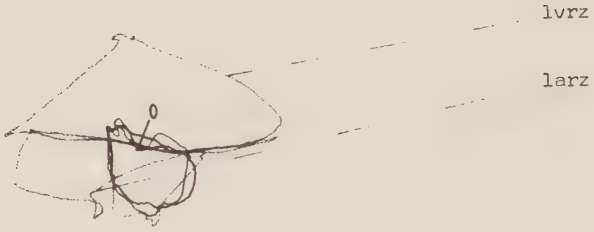


XZ

No 20

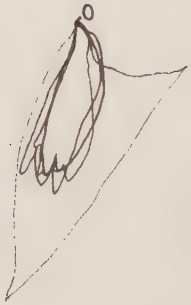
Kaumuster à Grenzbewegungsmuster

XY



YZ

XZ

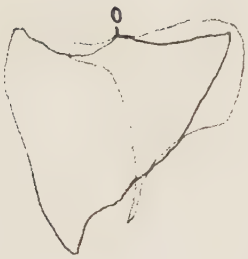


No 1

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY

larz



ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 1

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 1

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 2

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 2

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ:

larz

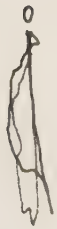
relz

lvrz

rvlz

vaz

avz



No 2

Bewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XZ:

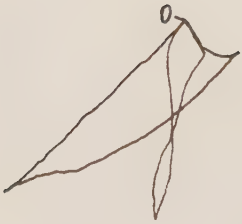
larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz



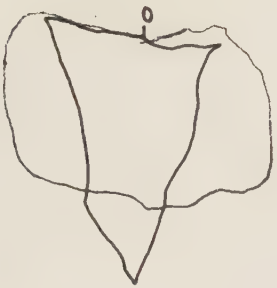
avz

No 3

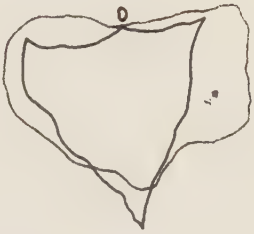
Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY

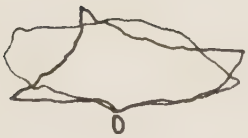
larz



ralz



lvrz



rvlz

vaz

avz

No 3

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 3

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XZ

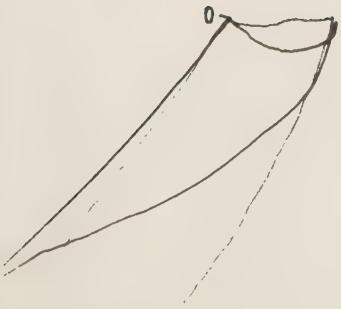
larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz



avz

No 4

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 4

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 4

Grenzbewegungsvergleich Patient-Artikulator

XZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 5

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 5

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 5

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

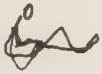
XZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz



vaz

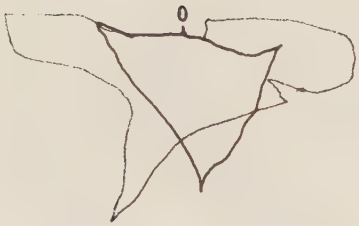
avz

No 6

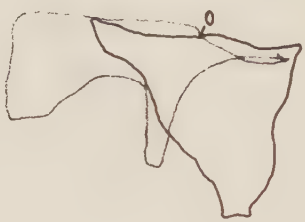
Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY:

larz



ralz



lvrz

rvlz

vaz

avz

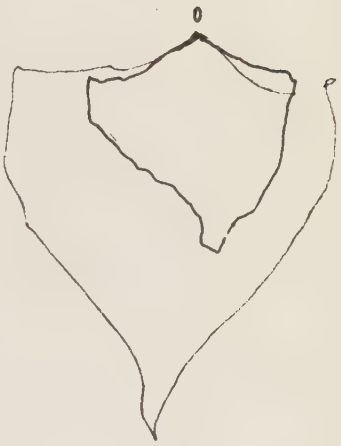
No 6

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ:

larz

ralz



lvrz

rvlz

vaz

avz

No 6

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XZ:

larz

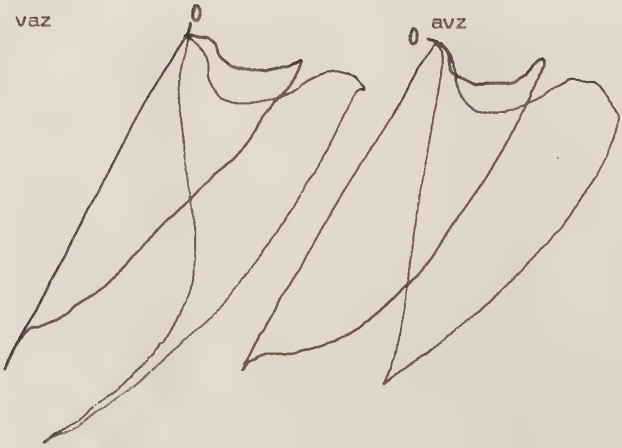
ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz



No 7

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 7

Grenbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

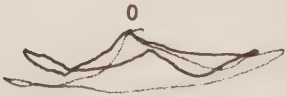
YZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz



vaz

avz

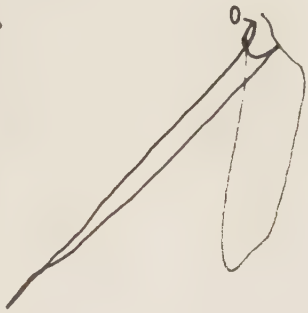
No 7

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XZ:

larz

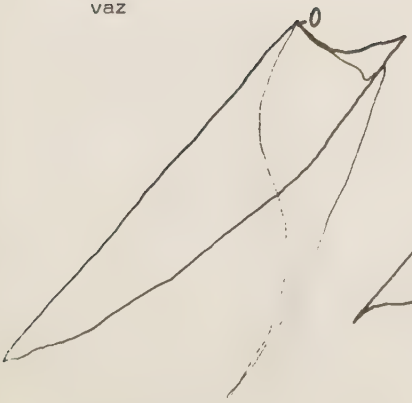
ralz



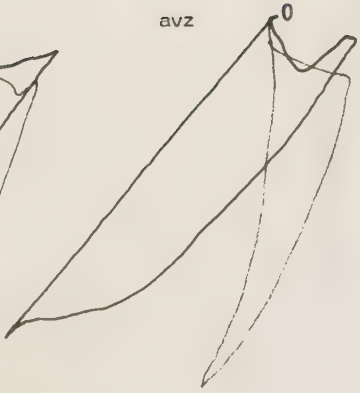
lvrz

rvlz

vaz



avz



No 8

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

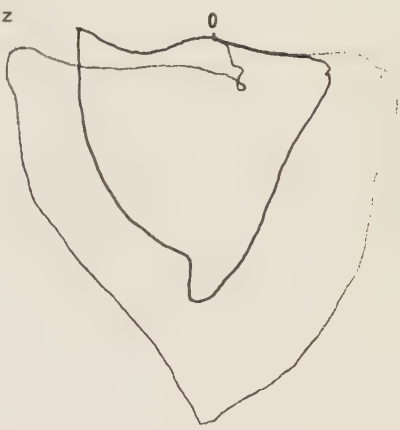
No 8

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ:

larz

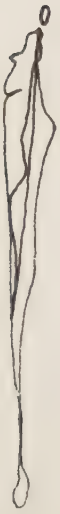
ralz



lvrz

rvlz

vaz



avz

No 8

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XZ:

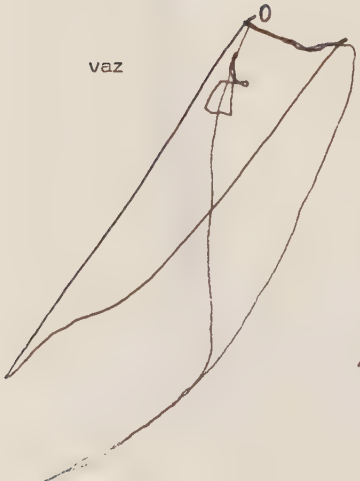
larz

ralz

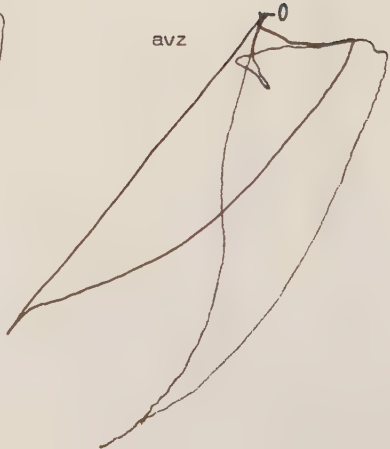
lvrz

rvlz

vaz



avz

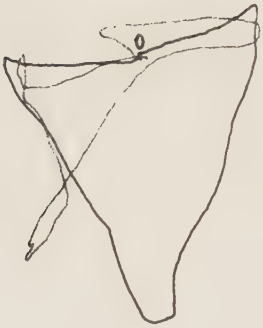


No 9

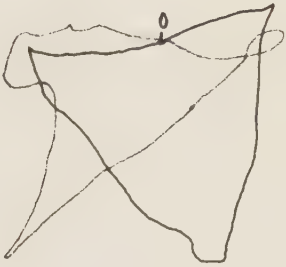
Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY:

larz



ralz



lvrz

rvlz

vaz

avz

No 9

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

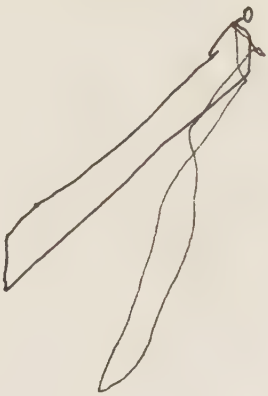
No 9

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XZ:

larz

ralz

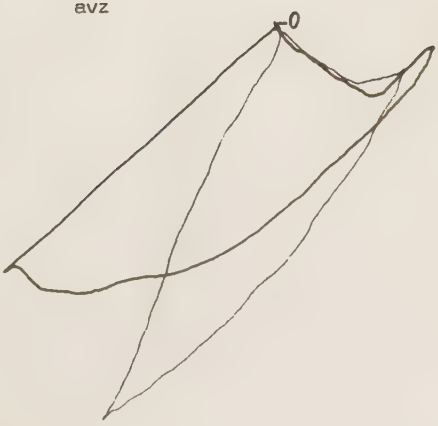


lvrz

rvlz

vaz

avz

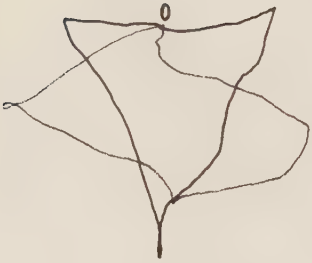


No. 10

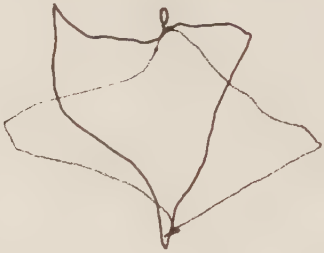
Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY:

larz



ralz



lvrz

rvlz

vaz

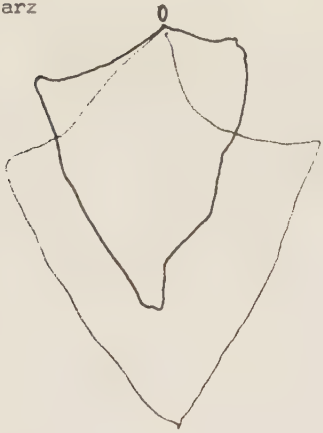
avz

No 10

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ:

larz



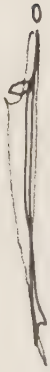
ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz



No 10

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XZ:

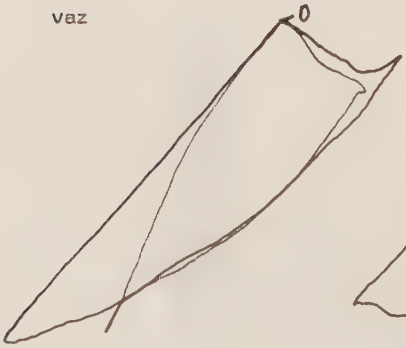
larz

ralz

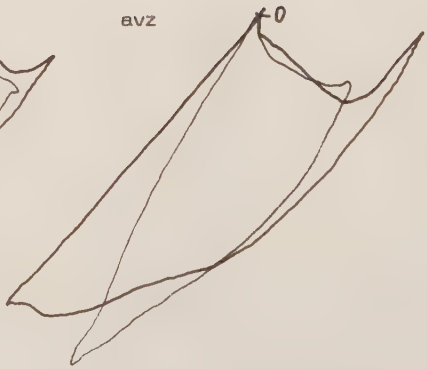
lvrz

rvlz

vaz



avz



No 11

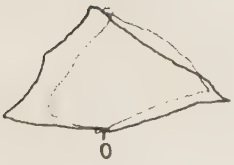
Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY

larz

ralz

lvrz



rvlz

vaz

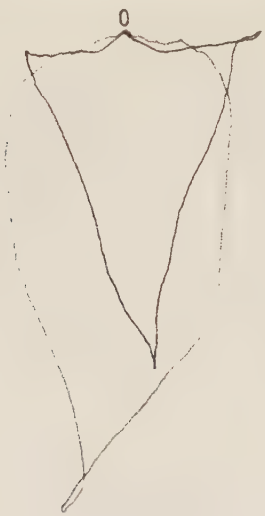
avz

No 11

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ

larz



ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 11

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

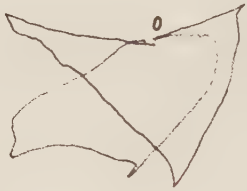
No 12

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY

larz

ralz



lvrz

rvlz

vaz

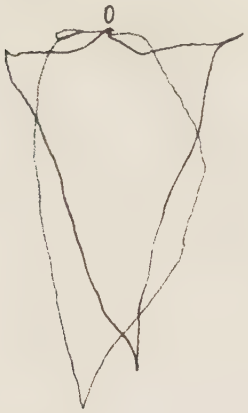
avz

No 12

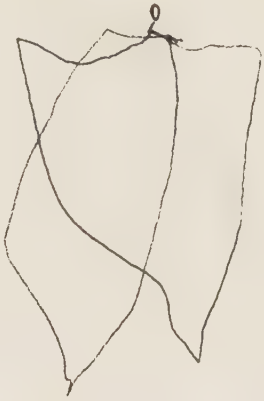
Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ

larz



ralz



lvrz

rvlz

vaz

avz

No 12

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

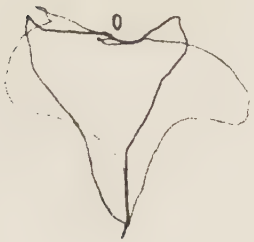
avz

No 13

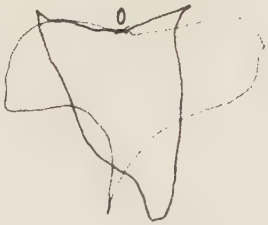
Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY

larz



ralz



lvrz

rvlz

vaz

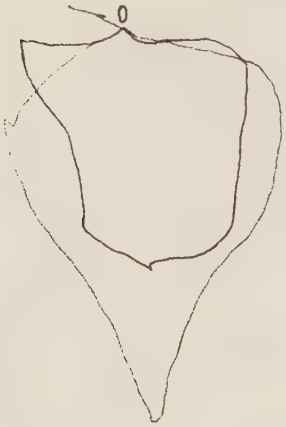
avz

No 13

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ

larz



ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

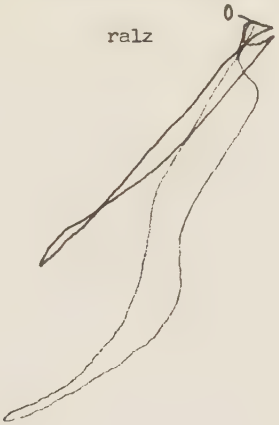
No 13

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XZ

larz

ralz



lvrz

rvlz

vaz

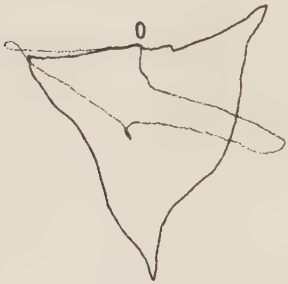
avz

No 14

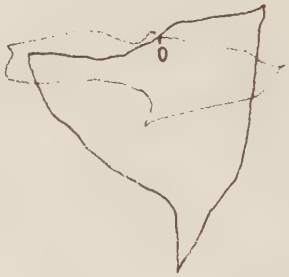
Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY

larz



ralz



lvrz

rvlz

vaz

avz

No 14

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 14

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XZ

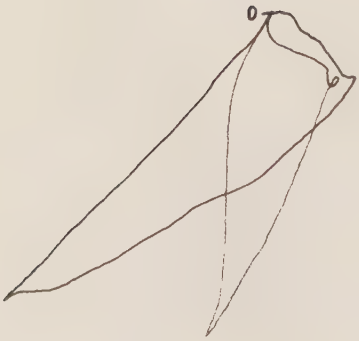
larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz



avz

No 15

Bewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 15

Bewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 15

Bewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XZ:

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 16

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 16

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 16

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

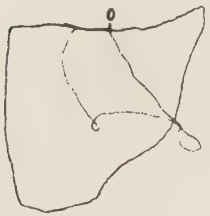
avz

No 17

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY

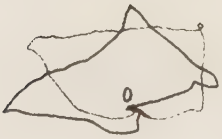
larz



ralz

lvrz

rvlz



vaz

avz

No 17

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 17

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XZ

larz

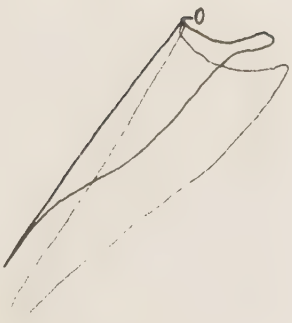
ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz



No 18

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

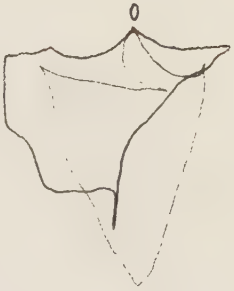
No 18

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ

larz

ralz



lvrz

rvlz

vaz

avz

No 18

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

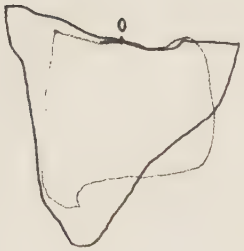
avz

No 19

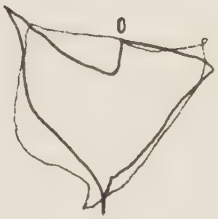
Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY

larz



ralz



lvrz

rvlz

vaz

avz

No 19

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

No 19

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

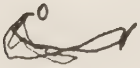
XZ

larz

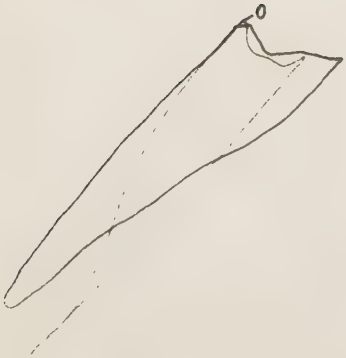
ralz

lvrz

rvlz



vaz



avz

No 20

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XY

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

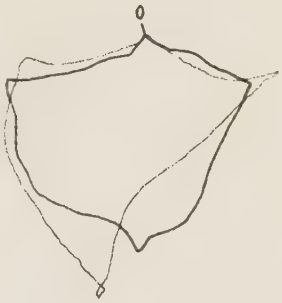
No 20

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

YZ

larz

ralz



lvrz

rvlz

vaz

avz

No 20

Grenzbewegungsmustervergleich Patient-Artikulator

XZ

larz

ralz

lvrz

rvlz

vaz

avz

VIII. Individuelle Analyseauswertung

In diesem Kapitel wollen wir für jeden der untersuchten Patienten

a) eine funktionsanalytische Charakteristik,
b) eine individuelle Bewegungscharakteristik,
c) individuelle Bewegungsvergleichsergebnisse

erstellen.

Zu a) Funktionsanalytische Charakteristik

Hier sollen in Ausschnitten Kiefermerkmale, Positionsanomalien und für die Artikulationseinstellung relevante Werte aufgezählt werden.

Abkürzungen:

In das Kreuzraster eingeschriebene Werte:

rechte horizontale Kiefergelengsbahn-neigung	linke horizontale Kiefergelenksbahn-neigung
rechter Bennett-Wert	linker Bennett-Wert

lila - Führung bei der Linkslateral-Bewegung,
rela - Führung bei der Rechtslateral-Bewegung,
pro - Führung bei der Protusion-Bewegung.

Zu b) Individuelle Bewegungscharakterstik

In stichwortartigen Daten wollen wir hier die für die untersuchten Patienten charakteristischen Bewegungsmerkmale und Beobachtungen wiedergeben.

Die kinesiographischen Orginalaufzeichnungen (siehe Beispiel im Kapi-

tel IV.: Patientenuntersuchung) werden hier nicht wiedergegeben. Sie erscheinen in Form der Bewegungsmustervergleiche (siehe Kapitel VII.).

Betrachtungsreihenfolge:

"larz":	XY:	larz, ralz,
	YZ:	larz, ralz,
	XZ:	larz, ralz;
"lvrz":	XY:	lvrz, rvlz,
	YZ:	lvrz, rvlz,
	XZ:	lvrz, rvlz;
"raz":	XY:	vaz, avz,
	YZ:	vaz, avz,
	XZ:	vaz, avz,
"Kaubew.":	XY	
	YZ	
	XZ	

Abkürzungen:

Z.B.:

- a-l "auf" - "links" - Bahn
  O=Z

Zu c) Individuelle Bewegungsvergleichsergebnisse

Die im Kapitel VII.: Bewegungsvergleiche genannte Reihenfolge wird hier beibehalten.

No. 1

a) $\frac{50 \mid 45}{26 \mid 10}$

Rechte Kiefergelenksbahn zuerst flach, dann steiler; Deckbiß mit retrudierten 11, 21.

b) Mittelgroße, durchgehende Bewegungsbahnen mit meist scharfen Übergängen.

"larz" - größte Auslenkung auf der "Bewegungsschlußseite",
- Medianisierung,
- "empfundene" Mitte leicht zur Gegenseite verschoben,
- durchgehende Bahnen,
- leichter "Überschwung" vor zur Gegenseite,

"lvrz" - "Mitte" leicht zur Gegenseite,
- Gegeneckzahn - Ausweichung,
- größere Auslenkung auf der "Schlußseite",

"vaz" - XY, YZ keine Divergenzen,
- vaz: a-z s-förmig, mit einer Kurenzstelle.

c) i) - hohe Reproduzierbarkeit mit mittleren Bahnendivergenzen in den Zwischen- und Schlußbereichen,
- große Differenzen bei l-v und r-v,
- identische Anfangsbahnen;

ii) - hohe Symmetrie mit einer großen Bahnendifferenz,
- Bahnen zur "Schlußseite" hin verschoben,
- große Unterschiede XZ "vaz" mit einer posterioren Übereinstimmung!

iii) - Kaumuster sind sehr gut "im" und "am" Grenzmuster,
- YZ eine Auslenkung li "außerhalb",
- sehr gute Seiten- und Frontzahnführung;

iiii) - nur selten (meist re-la) ist die Vergleichbarkeit der Anfangsbahnen möglich.

No. 2

a) Mittellinienverschiebung rechts 5 mm; 24 verdreht; re la 13, 14, (15) zu 42, 43, 44; pro 13, 14, 23; Abrasionen 33, 42; Rezessionen 31,41.

b) Mittlere Auslenkungen (Ausnahme: Maßstab 1:1) mit scharfen Übergängen der Bewegungsbahnen. Konstante Lateralführung.

"larz" - XY, XZ "sehr steil", kleine X-Komponente,
- feste Lateralführung,
- a im Bereich von l oder r, Mittellinienverschiebung zur Anfangsseite,
- a-l vor l-z ⟶ durch Steilheit retrusive l-z Führung,
- r-z, l-z zuerst Medianisierung, dann z,
- bei z Überschwung zur Gegenseite;

"lvrz" - XY weicher Übergang l-v-r,
- gute Mittelzentrierung,
- XZ weiche, durchgehende Aufzeichnung;

"vaz" - XY, YZ sich fast deckend,
- YZ v-a und a-z kreuzen sich, a-z s-förmig;

"Kau" - XY r auteriorer als l,
- YZ rundes Kauen mit "Loch",
- XZ ob 1/3 kompakt, un aufgefächert.

c) i) - sehr hohe Reproduzierbarkeit,
- kleine Musterdivergenz,
- identische Anfangsbahn;

ii) - hoher Symmetriegrad,
- "larz" große Divergenz,
- "Verschiebung" zur Anfangsseite,
- große Differenz bei "vaz";

iii) - relativ gut "im" Grenzbewegungsmuster,
- YZ - um die Schlußstellung "an" der Grenzbewegung,
- XZ - Kauen teils posterior der Grenzaufzeichnung;

iiii) - meist sind die Anfangsbewegungen mit fester Zahnführung vergleichbar.

No. 3

a) lila 34, 33; rela Gruppe mit 3-Dominanz; eine fast abgestützte Protrusion; fast Kopfbiß; Abrasionen 13,23; Rezessionen 13, 23, 33, 32, 31, 43.

b) Rundere, glatte Bewegungsbahnen mit runden Übergängen.

"larz" - symmetrisch (rund),
- Mitte zur Anfangsseite;

"lvrz" - Mitte zur Anfangsseite,
- YZ kleine 2-Komponente;

"vaz" - v-z leicht unregelmäßig,
- a-z ein "Knick";

"Kau" - YZ, rund, mit "Loch",
- XZ steil.

c) i) - gute Reproduzierbarkeit mit Einhaltung der "empfundenen" Mitte,
- leichte Divergenz in der Zwischenbahn bei "larz";

ii) - mittelgroßer Symmetriegrad,
- kleine Divergenz,
- "vaz" Divergenz nur in der posterioren Komponente;

iii) - gut "im" und "am" Grenzbewegungsmuster,
- YZ Kauen rechts "oberhalb";

iiii) - nur manchmal ein guter Bewegungsanfangs-Vergleich möglich.

No. 4

a) 45 | 50
20 | 3

Rechts Diskussubluxation; sehr große und breite 11, 21; lila 23, 25.

b) Normalgroße Bewegungsbahnen mit scharfer Richtungsänderung.

"larz" - a rechts verschoben, kleine Schlinge,
- schluß-lateral tiefer;

"lvrz" - Mitte zur Anfangsbew. verschoben;

"vaz" - a rechts verschoben, Dominanz vom li m. ptyerygoidens lateralis,
- v-z retral z-a,
- Kreuzung.

c) i) - mittlere Reproduzierbarkeit mit guter Einhaltung der empfundenen Mitte,
- mittlere Divergenz bei den Bewegungsbahnen außer der Anfangsbahn,
- unterschiedliche pro-Bahn bei vaz;

ii) - bei kleiner Symmetrie mittlere Bahnendivergenz;

iii) - die Kaumuster sind gut "in" und werden nur in XZ von den Frontzähnen geführt;

iiii) - es ist kaum eine Ähnlichkeit wahrzunehmen, außer bei den Anfangsbahnen von "larz".

No. 5

a) 45 | 40
6 | 6

Große und breite OK-Frontzähne; 3-Dominanz bei pro.

b) Mittelgroße Bewegungsbahnen mit kleinen Koordinationsschwächen bei zusammengesetzten Bewegungen.

"larz" - a-l bzw. a-r zuerst Mitte,
- bei a gleicher Impuls für beide m. ptery. lat.;

"lvrz" - flüssiger Übergang l-v-r,
- XZ - Überschwenken;

"vaz" - XY a links Auslenkung,
- XZ Kreuzung, v-z retral z-a,
- terminal rutscht das Kiefergelenksköpfchen vom Diskus,

"Kau" - rund.

c) i) - mittelgute Reproduzierbarkeit mit mittlerer Divergenz bei der Zwischen- und Schlußbahn,
- große Unterschiede bei den Mustern XZ avz;

ii) - bei kleiner Symmetrie große Bahnendifferenz bei "larz",
- dagegen größere Symmetrie und kleinere Differenz bei "lvrz",
- große Unterschiede bei vaz in XZ;

iii) - Kaumuster sind gut "in" und "an" den Grenzbahnen, außer der posterioren Komponente bei XZ und XY;

iiii) - mittelgute Vergleichbarkeit der Anfangsbahnen.

No. 6

a) 55 | 55
10 | 35

Kiefergelenksbahnen zuerst flach, dann steiler; Habit: Pfeife im linken Mundwinkel.

b) Große Bewegungsbahnen mit teils scharfem Richtungswechsel.

"larz" - a-l bzw. a-r, zuerst Mitte bzw. reine X-Bewegung,
- links mobiler,
- a posterior "geknickt";

"lvrz" - Mitte nach Anfangsbew.,
- bei Lateralbew. nur Y-Komponente;

"vaz" - leichte Links-Verschiebung,
- Dominanz des li m. ptery. lat.,
- a-z s-förmig;

"Kau" - ungleichmäßig,
- XZ breit, senkrecht.

c) i) - recht große Reproduzierbarkeit mit Divergenzen in den Zwischenbahnen,
- Differenzen bei XZ avz;

ii) - rechts kleinere Mobilität,
- große Symmetrie mit Bahnenverschiebung zur Anfangsseite,
- rechts Schlenker "vaz";

iii) - gut "im" und "am" Grenzmuster;

iiii) - mittelgute Vergleichbarkeit der Anfangsbahnen.

No. 7

a) $\frac{50 \mid 50}{14 \mid 14}$

Myofunktionelle Problematik; Muskelathrophie rechts; Überbiß 5 mm; rela 3, 3; lira 3, 2; Front - starke Schliffacetten.

b) Mittelgroße Bewegungsbahnen mit großer Diskoordination und Dyskinesien. Unruhige Bewegungsabläufe.

"larz" - links mobiler,
- Mitte links verschoben,
- Medianisierung,
- keine Symmetrie,
- schluß-lateral um 1/3;

"lvrz" - Mitte zur Anfangsbewegung,
- r-v-l rund;

"vaz" - Linksabweichung,
- Dominanz des re m. ptery. lat.,
- a-z s-förmig;

"Kau" - YZ rund mit "Loch",
- großes Kaumuster,
- XZ rund mit "Loch"!

c) i) - keine Reproduzierbarkeit mit großen Differenzen in den Zwischen- und Schlußbahnen,
- große Divergenzen bei avz XZ;

ii) - Symmetrie und kleine Differenzierbarkeit nur bei "lvrz",
- Differenzen bei "larz" und posteriorer Bahn "vaz";

iii) - gut "im" Grenzmuster,
- deutliche posteriore Komponente bei XY und XZ;

iiii) - recht gute Vergleichbarkeit der Anfangsbahnen,
- Ähnlichkeit bei "lvrz".

No. 8

a) 50 | 45
38 | 17

Kiefergelenksbahnen: re Stufe 2 mm vor dem Achsenpunkt, li 3 mm, bis dahin flach, dann steiler; Patient gibt Schwierigkeiten bei der Zischlaut-Aussprache an (kaum hörbar), spricht sehr "bewußt" (Kieferbewegungen werden zentral kontrolliert und zusätzlich beeinflußt).

b) Große Bewegungsbahnen mit großer Dyskoordination und Dyskinesien. Überschwängliches, unruhiges Muster. Such- und Nachbewegung bei der Rückkehr in die Habituelle. Verhältnismäßig normales Kaumuster.

"larz" - lateral, dann reine X-Komponente,
- Schluß über pro und Überschwung,
- XZ breit, große Rechts-Mobilität;

"lvrz" - runde l-v-r,
- Schlußschlenker meist mit pro-Komponente, "Bestätigung" mit zweitem Schlenker;

"vaz" - Dominanz des re m. ptery. lat.,
- a-z s-förmig,
- innerer "Nachprüfschlenker";

"Kau" - re bevorzugt.

c) i) - schlechte Reproduzierbarkeit mit Divergenzen, doch mit einem wiederkehrenden Muster,
- Beibehaltung der "empfundenen" Mitte;

ii) - kleine Symmetrie,
- die Bahnen "larz" in XY sind sehr verschieden;

iii) - Kaumuster gut "in", außer posteriorer Komponente in XZ;

iiii) - teils gleiche Anfangsbahnen.

Die im Vergleich zu den Grenzbewegungsmustern verhältnismäßig guten

Kaubewegungsmuster sind durch die "Ausschaltung" der zentralen UK-Bewegungs-"zusatz"-steuerung (sehr angespannte Aufmerksamkeit) durch den Kaubolus und die Übernahme der Kausteuerung durch den zentral eingespeicherten Kauzyklus zu erklären. Daraus folgt, daß die Störungsebene zentral zu diagnostizieren ist.

No. 9

a) 60 | 60
16 | 16

OK-Front im Engstand, 4 mm vor; Überbiß 5 mm; lila 34; rela 21-13.

b) Mittelgroße Bewegungsbahnen mit zum Teil deutlicher Dyskoordination. Bei der Öffnung zunehmende li-Deviatation.

"larz" - a-Mitte li-verschoben,
- l-a und a-r Kreuzung,
- Schließen mit der auterioren Komponente,
- bei Anfangslateralbew. "Schlinge", auch bei a;

"lvrz" - Mitte zur Schlußseite,
- "Schlinge" bei v,
- Überschwung vor z;

"vaz" - a-z s-förmig;

"Kau" - XY schmal, Ausdehnung in Y,
- YZ rund mit "Loch",
- XZ schmal, oben "Knick".

c) i) - mittlere Reproduzierbarkeit mit mittleren bis großen Bahnendifferenzen,
- Anfangsbahnen meist gleich;

ii) - symmetrisch und ähnlich, außer "larz" in XY;

iii) - gut "in" und sehr gut "am" Grenzmuster,
- YZ eine Zacke li außerhalb des Musters;

iiii) - Bewegungsmuster größenmäßig ähnlich,
- kaum vergleichbare Anfangsbewegung.

No. 10

a) 40 | 60
20 | 45

Kleine Basen ⟶ Engstand; OK-Front 6 mm vor, Überbiß 4 mm; rela 3,4; Facialisparese nach UK-Bruch.

b) Mittelgroße Bewegungsbahnen mit deutlicher Richtungsänderung und leicht geschwungenen Zwischenbahnen. Schmale Kaubewegung.

"larz" - Medianisierung,
- z Schlinge,
- l und r weit un;

"lvrz" - Medianisierung,
- vor z posteriore Komponente;

"vaz" - re Auslenkung,
- v-z retral z-a;

"Kau" - re bevorzugt,
- YZ schmal,
- XZ steil, schmal.

c) i) - mittlere Reproduzierbarkeit mit mittlerer Bahnendifferenz im ganzen Bewegungsbereich,
- größere Divergenzen bei "larz",
- bei avz unterschiedliche o-a;

ii) - große Symmetrie mit Musterverschiebung zur Anfangsseite;

iii) - gut "im" und "am" Grenzmuster,
- kleine re-Zacke bei YZ,
- deutliche Frontzahnführung in XZ;

iiii) - ähnliche Mustergrößen mit keiner Vergleichbarkeit der Anfangsbahnen.

No. 11

a)

45	55
31	16

UK-Front im Engstand; lila 2-4; rela 1-3.

b) Große Bewegungsbahnen mit teils runden Übergängen.

"larz" - Mitte links verschoben,
- runde Lateralübergänge,
- a-Schlinge (Spite li gebogen),
- Überschwung;

"lvrz" - Mitte zur Schlußseite,
- lvrz kleiner als rvlz;

"vaz" - breit,
- unregelmäßiges v-z,
- a-z posteriore Stufe;

"Kau" - XY in der Y-Ausdehnung,
- YZ bevorzugte "re-Schräge",
- XZ fast senkrecht, oben "Knick".

c) i) - bei "larz" mittlere, sonst gute Reproduzierbarkeit,
- Bahnendifferenzen bei "larz" und avz,
- bei avz Divergenz der Anfangsbahnen;

ii) - kleine Symmetrie mit leichter Musterverschiebung zur Anfangsseite,
- größte Unterschiede bei "larz";

iii) - gut "im" und leicht "am" Grenzmuster,
- deutliche Führung im Frontal- und linken Seitenbereich;

iiii) - mittlere Vergleichbarkeit der Anfangskomponenten,
- XZ, ähnliche o-a und a-z.

No. 12

a) 40 | 40
20 | 20

lila, rela 3-5; Neigung zum Deckbiß.

b) Mittelgroße Bewegungsbahnen mit teils weicher Richtungsänderung und kleiner Anfangsauslenkung.

"larz" - Mitte nach li verschoben,
- r-z pro-Komponente,
- Schlußlaterale weit un;

"lvrz" - Mitte links verschoben;

"vaz" - breit,
- Dominanz des re m. ptery. lat.,
- a-z s-förmig,
- v-z retral z-a;

"Kau" - XY "dachgiebelförmig",
- XZ rund, oben "Knick".

c) i) - mittlere bis gute Reproduzierbarkeit,
- Bahnendifferenzen meist im mittleren und Schlußbereich,
- Unsicherheiten bei li-la Bewegung;

ii) - kleines Symmetrieverhalten,
- teils keine Ähnlichkeit,
- Divergenzen bei vaz;

iii) - gut "im" und "am" Grenzmuster,
- größere Kaumuster als "larz"-Aufzeichnung,
- XZ Kauen "am" Grenzmuster;

iiii) - kleine Vergleichbarkeit der Anfangsbahnen,
- größenmäßige Ähnlichkeit.

No. 13

a) 65	55
16	14

Links Kiefergelenk wesentlich "mobiler"; lila, rela 1-3.

b) Mittelgroße Bewegungsbahnen mit teils weichen Richtungsübergängen und seltenem Kaumuster (XY).

"larz" - l unregelmäßig,
- in bzw. um a eng zusammen bzw. Schlinge,
- Mitte zur Anfangsgegenseite,
- XY "herzförmig",
- Schlußbew. a-z rund;

"lvrz" - Mitte zur Anfangsgegenseite,
- YZ sehr flach;

"vaz" - zunehmende li-Krümmung,
- a-z s-förmig,
- v-z retral z-a;

"Kau" - rechts,
- XY "bocksbeutelförmig",
- YZ rund, mit "Loch",
- XZ breit, mit "Knick".

c) i) - gute bis mittlere ("larz") Reproduzierbarkeit,
- Differenzen in den Zwischen- und Schlußbahnen;

ii) - gute Symmetrie und große Musterähnlichkeit,
- Differenzen bei "vaz";

iii) - YZ gut "im" und sehr "am" Grenzmuster,
- XZ auterior und posterior außerhalb der Grenzbewegung;

iiii) - kleine Vergleichbarkeit der Anfangsbewegung.

No. 14

a) OK-Front 6 mm vor; Überbiß 6 mm; lila, rela-Gruppe.

b) Mittelgroße Bewegungsbahnen mit scharfen Kanten und teils geschwungener Zwischenzeichnung. Seltenes Kaumuster (YZ).

"larz" - a-Schlinge,
- Überschwung,
- z-r unregelmäßig;

"lvrz" - z-r unregelmäßig,
- Überschwung,
- v-Schlinge;

"vaz" - zunehmende Krümmung li,
- v-Schlinge,
- a-z s-förmig,
- v-z retral z-a;

"Kau" - XY parallel zur Y,
- YZ "Kauplateau" zur Y,
- mit "Loch".

c) i) - gute Reproduzierbarkeit nur bei "lvrz" und "vaz",
- schon divergierende Anfangsbahnen bei "larz",
- hohe Ähnlichkeit bei vaz;

ii) - mittlere Symmetrie mit zur Anfangsseite verschobenen, divergierenden Bahnen,
- größere Differenzen bei "vaz";

iii) - gut "im" und "am" Muster,
- posterior XY und auterior XZ "außerhalb";

iiii) - meist bei lila gute Anfangsvergleichbarkeit.

No. 15

a) II u. III Quadrant "Zahn zu Zahn"; lila 2-7 Gruppe; rela 3, 4, (5); pro 14, 13, 12, 11, 21; Mittellinienverschiebung 2 mm links.

b) Kleine Bewegungsbahnen mit deutlicher Richtungsänderung.

"larz" - Mitte zur Anfangsseite,
- konkave l-z-r,
- r un, dann reine z-Komponente;

"lvrz" - v-Schlinge,
- Mitte gut;

"vaz" - leichte re-Abweichung,
- Dominanz des linken m. ptery. lat.,
- a-z s-förmig, Kreuzung,
- z-a posteriorer "Knick";

"Kau" - XY "trapezförmig",
- YZ oben "dachgiebelförmig" mit "Loch",
- XZ oben "Knick".

c) i) - mittelgroße Reproduzierbarkeit mit Bahnendivergenz meist in Zwischenbereichen,
- hohe Anfangs- und Schlußbahnidentität bei "larz",
- Differenzen bei avz;

ii) - gute Symmetrie und Ähnlichkeit, außer "larz",
- große Ähnlichkeit bei "vaz",
- Anfangs- und Schlußbahn bei "larz" fast identisch;

iii) - sehr gute "am" Führung bei YZ und XZ,
- XY posterior "außerhalb";

iiii) - sehr hohe Identität der Anfangsbewegung bei allen Bewegungen,
- teils sind die Schlußbahnen vergleichbar.

No. 16

a)

45	50
7	7

Kleiner UK; lila, rela 2-4.

b) Mittelgroße, dyskoordinierte Bewegungsbahnen mit "Zwischen-Zacken".

"larz" - Überschwung,
- Mitte zur Anfangsgegenseite,
- Medianisierung,
- larz keine "rechte Seite",
- a-Mitte-Linkszacke-z,
- YZ Schlußlateral im un 1/3 mit Zacke;

"lvrz" - Mitte zur Anfangsgegenseite,
- unsichere Bewegungen,
- l-v-r in Y;

"vaz" - a-z s-förmig,
- v-z retral z-a;

"Kau" - XZ ob schmal, un aufgefächert.

c) i) - kleine Reproduzierbarkeit mit Bahnendifferenzen in den Zwischen- und Schlußbereichen,
- "Inkoordinationen" an der gleichen Stelle,
- Anfangsbahn ähnlich;

ii) - teils nur symmetrische, zur Anfangsseite verschobene, nicht ähnliche Bahnen,
- große Divergenz bei vaz;

iii) - meist gut "im" und "am" Grenzmuster,
- XZ posteriore Komponente im cranialen Bereich!

iiii) - die re-la und pro gut vergleichbar.

No. 17

a) 55 | 65
30 | 10

lila 1-3; rela Gruppe; spitze UK-Front; Gelenke nach rechts verschoben um 0,8 mm (un 202).

b) Kleinere Bewegungsbahnen mit meist scharfer Richtungsänderung.

"larz" - Mitte zur Anfangsseite,
- geht kaum über die Eckzähne hinaus,
- Schlingen,
- l-a bzw. r-a in z;

"lvrz" - Mitte zur Anfangsseite,
- v-r in Y,
- Überschwung;

"vaz" - un Abweichung nach links,
- YZ, XZ Kreuzung,
- a-z s-förmig,
- v-z retral z-a;

"Kau" - rechts,
- XZ oben "Knick".

c) i) - kleine Reproduzierbarkeit und Divergenzen der Anfangsbahnen, außer bei "vaz";

ii) - große Symmetrie bei großer Bahndifferenz,
- Unähnlichkeit bei "vaz";

iii) - gut "im" und "am" Grenzmuster,
- gute Zahnführung,

iiii) - teils sind die Anfangsbahnen vergleichbar,
- Muster-Größenähnlichkeit,
- vaz posterior-cranial identisch.

No. 18

a) $\frac{55 \mid 55}{5 \mid 5}$

OK-, UK-Front leichter Engstand; lila Gruppe; rela 1, 3; sehr nervös, unkonzentriert.

b) Dyskoordinierte Bewegungsabläufe mit mittlerer Auslenkung.

"larz" - Anfangs-Seite rel. gut,
- "Mittelpeilung", dann Lateralzacken,
- Mitteorientierung,
- Schlingen,
- Überschwung;

"lvrz" - l ⟶ Mitteüberschwung ⟶ v;

"vaz" - a-z s-förmig,
- Dominanz des rechten m. ptery. lat.,
- v-z retral z-a und
  v-a retral a-z!

"Kau" - rechts,
- YZ-Anfangsbewegung in der Mitte,
- schmal, flads.

c) i) - geringe Reproduzierbarkeit mit großen Musterdifferenzen bei zusammengesetzten Bewegungen (larz, lvrz),
- Anfangsbahn oft differierend,
- große Ähnlichkeit bei avz,

ii) - gute Symmetrie bei großen Musterdifferenzen,
- Divergenz bei "vaz";

iii) - gut "am" Grenzmuster,
- XZ kamen posterior des Grenzmusters!

iiii) - Vergleichbarkeit der Anfangsbewegung kaum möglich!
- Mustergrößen ähnlich.

No. 19

a) lila 4, 3; rela 3, 4.

b) Mittelgroße Bewegungsbahnen mit teilweise bäuchigem Zwischenmuster und leichter "Hornzeichnung" bei a-Stellung.

"larz" - l ⟶ nur in z bis a,
- a-Stellung, "Horn" zur Gegenseite;

"lvrz" - Schlenker,

"vaz" - li-Abweichung,
- a-z s-förmig mit Kreuzung;

"Kau" - XY "Achter"-Bewegung,
- YZ "klassisch",
- XZ ob posteriore Abknickung.

c) i) - große Reproduzierbarkeit mit Differenzen in den Zwischenbahnen,
- große Identität der Anfangs- und Schlußbewegung,
- sehr ähnliche Bahnen bei "lvrz" und "vaz";

ii) - mittlere Symmetrie bei "larz",
- große Ähnlichkeit bei "lvrz",
- kleine Differenzen bei "vaz";

iii) - Kaubahnen gut "im" und "am" Grenzmuster,
- XZ kleiner "Schlenker" lateral;

iiii) - mittlere bis gute Anfangsbahnenvergleichbarkeit,
- Mustergrößenähnlichkeit.

No.20

a) 40 | 50
10 | 10

Schmale Basen; OK-Front 6 mm vor; Überbiß 6 mm; UK nach rechts verschoben.

b) Mittelgroße Bewegungsbahnen mit leichter Bewegungsdyskoordination und seltenem Kaumuster.

"larz" - l-z-r in Y,
- vor a "Überschlenker" bzw. Kreuzungsschlinge,
- von lateral zurück über gleiche Bahn: z-l ⟶ z ⟶ a;

"lvrz" - v-Schlinge, Gegenseite zur Anfangsbahn,
- Überschwenker mit pro-Komponente,
- Mitte zur Anfangsgegenseite.

"vaz" - breit,
- a-z s-förmig;

"Kau" - XY "Dreiecksmuster",
- YZ "Bumerang-Muster",
- XZ breit, oben "Knick".

c) i) - hohe Reproduzierbarkeit bei "larz" und "lvrz";
- Differenzen bei der Zwischenbahn "larz" und "vaz",
- große Homogenität bei "lvrz";

ii) - mittlere Symmetrie,
- "larz" Bahnendifferenz,
- "vaz" posteriore Divergenz;

iii) - gut "im" und "am" Grenzmuster,
- gute Zahnführung,
- XZ - Lateralschlenker;

iiii) - rel. gute Vergleichbarkeit der Anfangsbewegung,
- ähnliche Mustergrößen.

IX. Zusammenfassung der individuellen Bewegungsergebnisse

Im folgenden wollen wir die festgestellten und im Kapitel VII.: Bewegungsvergleiche meist genannten Phänomene mit dazu relevanten Kennzeichen und Zusammenhängen erläutern.

1. Übergangsschärfe

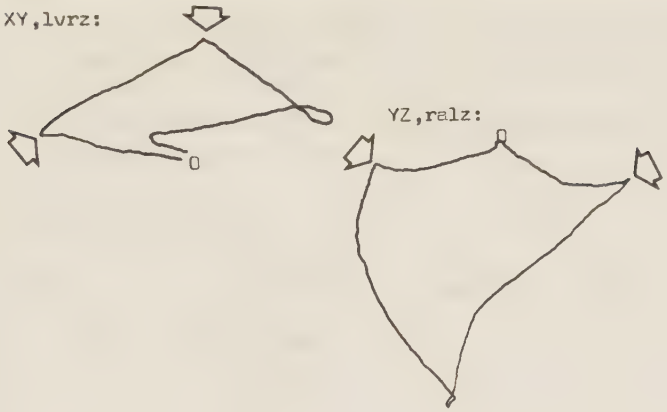
Es sollen hier die neuromuskulär gesteuerten Übergänge zwischen den einzelnen Grenzbewegungskomponenten betrachtet werden. In die Beurteilung wurden die Bewegungen "larz" und "lvrz" herangezogen.

Abbildung 12: Weiche Übergänge

XY,rvlz:

YZ,ralz:

Abbildung 13: Scharfe Übergänge



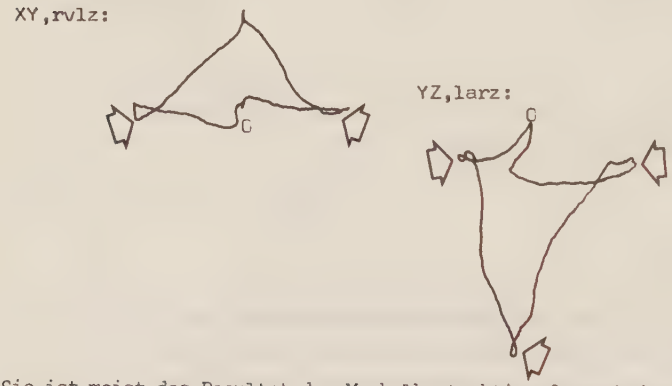
Bei den meisten (ca. 72 %) unserer Probanten konnten wir scharfe Übergänge zwischen Bewegungsrichtungskomponenten feststellen. Diese Patienten verfügen über eine gute Koordination und "Impulssteuerung" (meist links - rechts) für die benötigten Muskelpartien. Ihnen ist es meist mit einer hohen Reproduzierbarkeit möglich, unter isolierter Betätigung dafür notwendiger Muskeln eine Kiefergrenzstellung zu erreichen. So erfolgt z.B. bei dem "lvrz"-Muster die Links-Lateralbewegung mit isolierter Kontraktion des rechten Musculus pterygoideus lateralis, und erst danach kommt es zur Kontraktion des linken m. ptery. lat. (u.a. für die Zahnführung notwendige Entspannung der Masseterschlinge). Dies deutet u.a. auf das Fehlen von "Meidemechanismen" und gleichzeitig auf Interferenzfreiheit im terminalen Bereich des kontralateralen Kiefergelenkes hin.

Bei den "weichen" Übergängen setzen für den nächsten Bewegungsschritt benötigte Muskelkontraktionen ein, bevor die erste Bewegung zu Ende ausgeführt bzw. die Grenzposition erreicht worden ist.

2. Schlingenaufzeichnung

Mit der gleichen Problematik hat die "Schlingenaufzeichnung" im Bereich der Übergänge der einzelnen Grenzbewegungskomponenten zu tun.

Abbildung 14: Schlingenaufzeichnung



Sie ist meist das Resultat der Muskelkontraktionsfolge bei der Übersetzung von einer zur anderen Bewegungskomponente. Die Schlingenaufzeichnung in den Grenzbereichen ist aber oft ein Ausdruck des terminalen Herausrutschens des kontralateralen Kiefergelenkköpfchens vom Diskus (Subluxation).

Beim beiderseitigen Herausrutschen der Gelenkköpfchen in der "Auf"-Stellung z.B. beobachten wir eine schlingenförmige Aufzeichnung der leichten Schließung (Gelenkköpfchen rutscht auf den Diskus zurück) und dann erst die Bewegungsbahn von "Auf" zur Seite.

3. Medianisierung

Bei den "larz"- und "lvrz"-Aufzeichnungen beobachten wir oft (über 50 %) eine "Medianisierung" der Bahnen während der Bewegungsfolgen. Eine Bewegung, z.B. larz, wird zuerst links, dann zurück mit einer kleinen Öffnungskomponenten zur Mitte hin, der Medianen folgend, bis zur "Auf"-Stellung ausgeführt.

Abbildung 15: Medianisierung

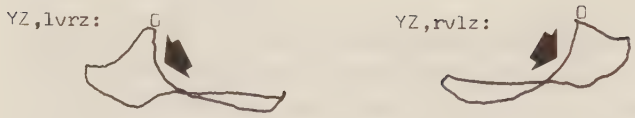
XY,larz:

Dieses Phänomen ist mit dem Raumordnungsgefühl zu erklären: Bei der Grenz- bzw. Öffnungsbewegung übernehmen die Kiefergelenke von den Zähnen die Lage- und Bewegungsinformationsdominanz. Die Kiefergelenkskapseldifferenzen stehen über denen der Muskelspindelrezeptoren - es kommt zu einer links-rechts-sychnronen Muskelkontraktion, die sich als Kieferbewegung in der Medianen äußert.

4. Überschwung

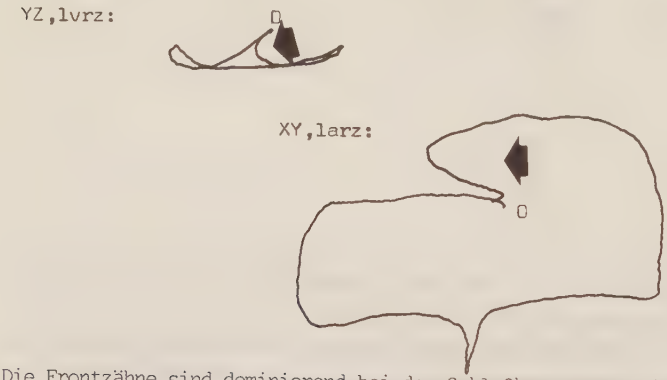
Die Aufzeichnungen der Schlußbahnen (r-z, l-z, v-z) zeigen bei den meisten Patienten (80 %) einen "Überschwung" mit einer kleinen Öffnungskomponente und Medianisierung vor der Interkuspitationsstellung.

Abbildung 16: Überschwung



Viel seltener ist der "Überschwung" mit einer Komponente zur Gegen-(Anfangs-)seite.

Abbildung 17: Überschwung mit einer Anfangskomponente



Die Frontzähne sind dominierend bei den Schlußbewegungen. (136) Sie haben auch eine um ein Vielfaches höhere Sensibilität als die Seitenzähne. (52)

Mit dem Überschwung kommt ein Schutzmechanismus des "Gegeneckzahns" zum Ausdruck: ein Schutz vor der traumatischen horizontalen Belastung der Okklusion. Nach der Öffnung übernimmt kurzzeitig die Kiefergelenkskapsel die Lage- und Bewegungsinformation und führt über die Medianisierung die Kiefer in die Okklusion. Der Überschwung bis zur Gegenseite ist eher als eine kinetische Koordinationsschwäche zu sehen. Er entsteht durch eine Rest- bzw. Immernoch-Kontraktion des zu relaxierenden Muskels. Die Efferenzen der Kiefergelenksrezeptoren spielen in diesen Fällen eine untergeordnete Rolle. Bei dieser Art von Störungen verlieren sie ihre Dominanz zugunsten von Muskelspin-

deln, Golgi-Sehnenrezeptoren und überhöhter Sensibilität der Zahn-propiorezeptoren.

5. Empfundene Mitte

Ein anderes Phänomen ist bei ca. 50 % der Untersuchten festzustellen. Bei "larz" und "lvrz" ist eine Mittellinienverschiebung, beurteilt nach den Komponenten "auf" bzw. "vor", zur Anfangs- bzw. Schlußseite zu beobachten.

Abbildung 18: Mittellinienverschiebung zur Anfangsseite

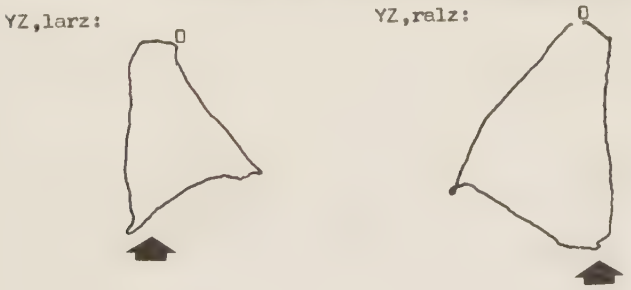
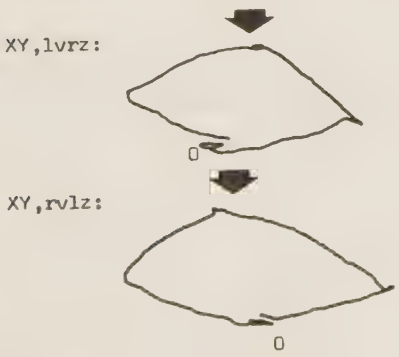


Abbildung 19: Mittellinienverschiebung zur Schlußseite

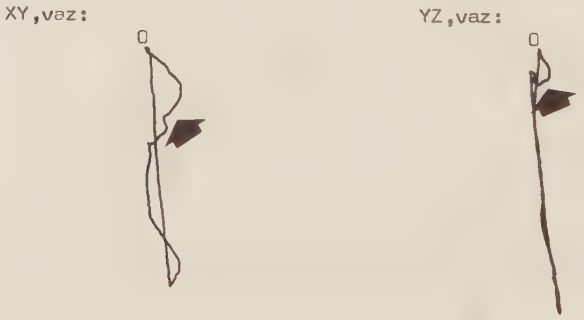


Die Mittellinienverschiebung z.B. zur Anfangsseite (ca. 60 %) ist ein Ausdruck der erhöhten Kontraktionsfähigkeit der Primärmuskulatur, d.h. der Muskelpartien, die die Anfangsbewegung mittragen. Die Dominanz der Erstkontraktion beeinflußt das Bewegungsmuster bis in die "Auf"- bzw. "Vor"-Stellung, sogar darüber hinaus (siehe Reproduzierbarkeit der Bewegungs-"Mitte" und Bewegungsmustervergleiche).

6. Seitendominanz bei "vaz"

Bei der Betrachtung der "vaz"-Bewegung in den XY- und YZ-Ebenen fallen Seitenabweichungen auf, die vorerst auf erhöhte Mobilität bzw. Dominanz der kontralateralen Muskelgruppe hindeuten.

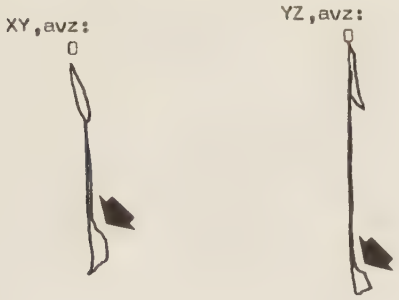
Abbildung 20: Dominanz des linken m. ptery. lat.



Diese Art von neuromuskulärer Inkoordination steht meist im pathogenetischen Zusammenhang mit dem unilateralen Kiefergelenk. Sie kann u.a. ein Ausdruck der cranialen Verlagerung des unilateralen Gelenksköpfchens sein bzw. seiner Subluxation.

Eine ähnliche Seitenabweichung kommt manchmal bei der avz-Folge im "Auf"-Bereich vor.

Abbildung 21: Linke, terminale Diskussubluxation



In diesem Fall ist sie ein Zeichen der kontralateralen terminalen Diskussubluxation.

7. Beobachtungen der "vaz"-Bewegungsfolge in der XZ-Ebene

7.1. S-förmiger Verlauf der a-z-Bahn

In 85 % unserer untersuchten Fälle haben wir einen s-förmigen Verlauf der a-z-(Schluß-)Bahn festgestellt.

Abbildung 22: S-förmiger a-z-Verlauf

Diese Verlaufsform ist bei der "Auf"-Bahn (avz-Muster) nicht vorhanden, wie nach einer "modifizierten" mechanischen Vorstellung der Öffnungsbahn (erst einer angedeuteten Scharnierachsenöffnung, dann zusammengesetzter Bewegung mit Protrusion der Kiefergelenke) zu erwarten wäre.

7.2. Crossing-over bei der vaz-Bahn

Ein weiteres in diesem Zusammenhang festgestelltes Vorkommnis ist die Kreuzung (bei ca. 35 %) der v-a- und a-z-Bahnen.

Abbildung 23: Crossing-over der v-a- und a-z-Bahn

Es ist ein Zeichen der Restkontraktion der m. ptery. lat. nach dem Einsetzen der Mundschließaktivität. Es soll auch als Koordinationsausdruck und nicht als pathologischer Vorgang gewertet werden.

7.3. Schlußmuster v-z retral z-a

Bei dem avz-Bewegungsmuster registrieren wir in ca. 45 % der Fälle den retralen (posterioren) Verlauf der v-z-Schlußbahn in Relation zur "Auf"-Anfangsbahn.

Abbildung 24: v-z retral der z-a-Bahn

Dies bewerten wir als Widerlegung der mechanischen Vorstellung von "Scharnierachsenbewegung" (siehe Diskussion), ein Ausdruck des "Frontzahnschutzmechanismus" (siehe Überschwung) und der Übernahme der Lage- und Bewegungsinformationsdominanz durch die Kiefergelenkskapselrezeptoren während der Öffnungsphase (siehe Mechanisierung).

8. Veränderung des Kaumusters

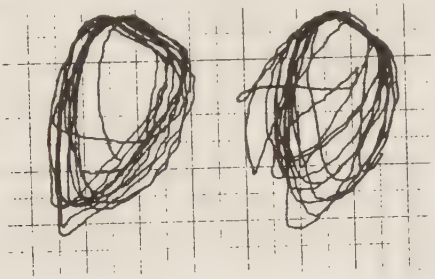
Die Unterkieferbewegung eines Erwachsenen beginnt mit dem Abbeißen des Bolus und mit seiner Beförderung in den Pre- und Molarenbereich der Arbeitsseite. Die Mandibula öffnet nach unten, vorwärts an der Mittellinie entlang (bzw. leicht zur Arbeitsseite geneigt)(138) und geht relativ früh lateral in die Schließbewegung über. Die Bewegungen sind glatt, fließend und selten sich überkreuzend. (189, 195) Sie finden im lateral retrusiven Bereich statt. (63) Die "ideale" Bewegung hat eine "Tränentropfengestalt". (15, 138)

Eine Veränderung des Kaumusters durch Bolus-art und -größe wurde vielerorts beschrieben. (24) So z.B. ist die Reduktion der Kieferöffnung vergleichsweise größer bei weicher Kost als bei harter. (62)

Je härter die Kost, desto lateraler ist die Schließbewegung. Wenn die Kost weicher wird, wird auch die Kaumustergröße in der lateralen und vertikalen Dimension abnehmend. (24) Bei einer weichen Kost haben wir eine mehr vertikale, bei harter Kost eine mehr laterale Bewegung. (113)

Durch den relativ großen, mittelharten und nicht auf Anhieb "zerbeißbaren" Testbolus haben wir ein "verändertes" normales Kaumuster bekommen, das sich z.B. in der frontalen Ebene YZ durch runde Zeichnung mit "Loch" in der Medianen auszeichnet.

Abbildung 25: Kaumuster mit unserem Testbolus (YZ)



Diese breiten, oft mit Zahngleitbewegung (siehe Kaumuster à Grenzbewegungsmuster) begleiteten Kauaufzeichnungen äußern sich in der sagittalen Ebene (XZ) mit einer posterioren Komponente im Vor-Okklusionsbereich. Sie ist nicht der Ausdruck der im Verhältnis zur Myozentrik retral liegenden habituellen Okklusionsstellung, sondern der lateralen Dimension (Y-Achse) der Kaubewegung. Wir sehen es deutlich im Vergleich des Kaumusters und der "larz"-Bewegung in der XZ-Ebene.

Abbildung 26: Kaumuster mit posteriorem "Knick" (XZ)

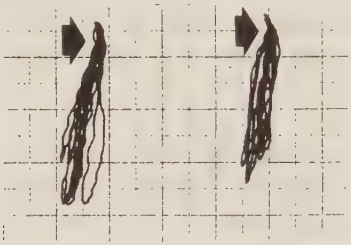


Abbildung 27: "larz"-Bewegung mit posteriorem "Knick" (XZ)

Die Zeichen der okklusalen Interferenzen wie anteriore Position des Unterkiefers während des Schlußbisses, Reduzierung der Lateralbewegung, die Vermeidung bzw. schlechte Erreichbarkeit der maximalen Interkuspitationsposition, Kreuzung und Irrepularität der Bahnen, (63) behalten voll und ganz ihre Gültigkeit.

X. Allgemeine Bewegungsvergleichsergebnisse

Hier sollen Phänomene zum Ausdruck gebracht werden, die eine übergreifende und allgemeingültige Bedeutung haben.

i) Variabilität der gleichen Bewegung

Die Variabilitätsuntersuchung wurde besonders auf die Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der Bewegungen bewertet.

1. Reproduzierbarkeit der Bewegungs-"Mitte"

Die Bewegungs-"Mitte", beurteilt nach den "Auf"- bzw. "Vor"-Komponenten, wurde bei allen Patienten mit hoher Genauigkeit an der gleichen Stelle im "Raum" empfunden. Es ist nicht entscheidend, ob die Mitte zur Anfangs-, zur Schlußseite (siehe Zusammenfassung der individuellen Bewegungsergebnisse: "Empfundene Mitte") verschoben oder in der Sagittalebene liegt; das neuromuskulär gesteuerte und individuell empfundene Mittegefühl ist für eine Bewegungsfolge ein Wert mit einer hohen Reproduzierbarkeit.

2. Bahnendivergenz

Die Wiederholbarkeit der Einzelbewegung können wir auch anhand der Konvergenz bzw. Divergenz der aufgezeichneten Bahnen beurteilen.

Die größte Übereinstimmung der aufeinander projizierten Muster wurde bei der Anfangsbewegung festgestellt (ca. 80 %).

Die fast identischen Anfangsbahnen wurden in der Horizontalebene (XY) mit 85 % und in der Frontalebene mit 85 % ermittelt. Die größte Divergenz der Anfangsbewegung besteht bei dem avz-Muster (Sagittalebene), in der "Auf"-Bewegung.

Für die Zwischenbewegung ist eine fast 100 %-ige Musterdivergenz charakteristisch, wobei sie bei der Schlußbewegung auf Werte um 70 % sinkt.

Diese unterschiedliche Reproduzierbarkeit der Bewegungsbahnen ist aus der Komplexität der beteiligten Strukturen zu ersehen. So z.B. eine relativ einfache Lateralbewegung unter Beteiligung vom kontralateralen m. pterygoideus lateralis, Entspannung der Masseterschlinge, Kiefergelenke, Zahnführung u.a. wird immer besser vergleichbar sein als eine Zwischenbewegung, bei der eine viel größere Anzahl von Muskelstrukturen beteiligt ist. Entscheidend ist aber dabei, daß die Lage- und Bewegungsinformation ohne Beteiligung von Zähnen für das Raumordnungsgefühl (siehe "Medianisierung") weniger different ist und die Bewegungsaufzeichnungen differenzierter erscheinen. Es ist auch ein Ausdruck des biologischen Systems, das nicht relativierbar ist und bei dem keine zwei gleichen Einzel-Bewegungsmuster existieren.

ii) Bewegungsmustervergleiche

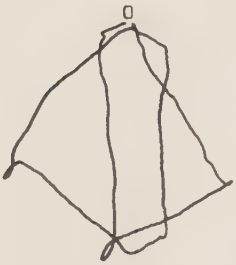
Die Bewegungen, die vom Patienten in der umgekehrten Reihenfolge ausgeübt worden sind, wurden den ursprünglichen Aufzeichnungen gegenübergestellt.

Bei den meisten Patienten wurde links-rechts-Symmetrie (X- bzw. Z-Achse als Symmetrieachse) festgestellt. Die sich gegenübergestellten Aufzeichnungen waren grundsätzlich ähnlich, dabei waren bei ca. 60 % jeweils die Einzelmuster in Richtung ihrer Anfangsbewegung verschoben.

Abbildung 28: Links-rechts-Symmetrie mit der Musterverschiebung zur Anfangsseite

Pat.No 17
XY,larz-ralz:

YZ,larz-ralz:



Es ist ein Ausdruck der Dominanz des afferenten Primärimpulses an die Muskelpartien, die die Anfangsbewegung mittragen (siehe auch "Empfundene Mitte").

Die größte Divergenz bei diesem Vergleichsmodus existiert in der vaz-avz-Gegenüberstellung (35 %).

Abbildung 29: Divergenz bei vaz-avz-Vergleich

XZ,vaz-avz:

Sie ist ein unbedingter Beweis für die grundsätzliche Verschiedenheit der neuromuskulären Steuerung beim "umgekehrten" Bewegungsablauf.

iiii) Kaumuster à Grenzbewegungsmuster

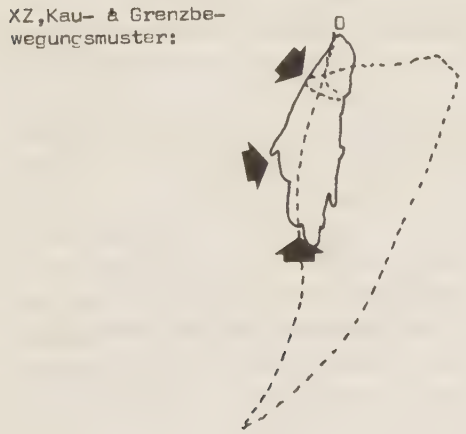
Der Vergleich zwischen den Konturen des Kaumusters und dem Grenzbewegungsmuster fordert unser Raumvorstellungsvermögen in besonderem Maße. Die von uns ausgewählten Grenzbewegungsmusterformen beinhalten nicht immer alle Bewegungsmöglichkeiten, die als Projektion auf eine der drei Ebenen aufgezeichnet werden können.

Damit soll betont werden, daß manche "Kaukonturen", die sich außerhalb der gegenübergestellten "Grenzbewegungsmuster" befinden, nicht immer in Parastellung zu neuromuskulär-gesteuerten Grenzbereichen stehen.

1. "Innerhalb" des Grenzbereiches

Unter Berücksichtigung der oben genannten Einschränkung finden die Kaubewegungen zu ca. 95 % innerhalb des neuromuskulär gesteuerten Grenzbewegungsmusters statt. Interessant ist, daß in der Sagittalebene bei einem Teil der Untersuchten Kaumusterkomponenten festgestellt worden sind, die sich posterior vom neuromuskulär gesteuerten "vaz"-Muster befinden.

Abbildung 30: Kaumuster posterior des neuromuskulär-gesteuerten Grenzmusters



Bei all diesen Patienten wurden leichte bis große Dyskoordinationen und Dyskinesien bei der individuellen Analyseauswertung festgestellt. Dies scheint ein eindeutiges pathologisches Zeichen für eine Störung der Kinematik des Unterkiefers zu sein.

2. "Am" Grenzbereich

In den meisten Fällen (90 %) beobachten wir die Übereinstimmung der Anfangs- bzw. Schluß-Bahnzeichnung der Grenzbewegung mit den Kaumusterkonturen. Es ist ein weiterer Beweis, daß die Grenzbewegung von der Kaubewegung erreicht wird, und geht über Gleitkontakte an den Zahnführungsflächen in eine Gleitbewegung über.

iiii) Grenzbewegungsmustervergleich Patient - Artikulator

Die mit Patientenkiefermodellen im Artikulator nachgeahmten Grenzbewegungsmuster wurden den Originalaufzeichnungen gegenübergestellt.

Nur bei den zahngeführten Anfangsbewegungen konnte man bei 65 % der Fälle in etwa Vergleichbarkeiten zwischen dem Patienten- und Artikulatormuster feststellen.

Diese Ergebnisse sind nicht allein auf die Übertragungsfehler der angewandten Untersuchungsmethode zurückzuführen, sondern sie sind hypothetischer Ausdruck des direkten Vergleichs zwischen einer biologischen (Patient) und mechanischen (Artikulator) Systemauffassung.

XI. Diskussion

Durch die Interferenzfreiheit, mit der der Sirognathograph im Verhältnis zum stomatognathen System arbeitet, sind wir in der Lage, dynamische Vorgänge im Funktionsbereich des Kauvorgangs räumlich darzustellen. Durch die Auswahl der Untersuchungsmethoden haben wir versucht, den Patienten und sein stomatognathes System möglichst wenig zu beeinflussen.

All unsere Untersuchungsergebnisse bestätigten die neuromuskuläre bzw. biologische Auffassung des stomatognathen Systems, und gleichzeitig widersprechen sie den mechanischen Vorstellungen.

1. Widerspruch der mechanischen Systemauffassung

Bei allen Untersuchungen haben wir die Patienten aufgefordert, dreimal die gleiche Bewegung auszuführen. Die Aufzeichnungen der Bewegungsvariabilität (i) macht deutlich, daß es keine zwei gleichen Bewegungen im stomatognathen System gibt. Wir können durch die Bewegungswiederholung eine Vorstellung von der Kinematik bekommen, aber wir können das biologische System nicht relativieren. Erscheinungen wie s-förmiger Verlauf der a-z-Bahn (siehe IX. 7.1.), "Crossing-over" (siehe IX. 7.2.), v-z retral z-a (siehe IX. 7.2.) u.a. sind mit der mechanischen Systemvorstellung nicht vereinbar. Durch die Veränderung der Bolusart und -größe haben wir das System zur anderen "Normalität" "gezwungen" (siehe IX. 8.).

Die Bewegungsmustervergleiche (ii) der Originalaufzeichnung mit denen in der umgekehrten Reihenfolge sind für uns ein Grundsatzbeweis für die Verschiedenheit der neuromuskulären Strukturen, die für die gleiche Bewegung, doch mit verschiedener Reihenfolge verantwortlich sind.

Bei den Grenzbewegungsvergleichen Patient - Artikulator (iiii) erkennen wir, daß ein Artikulator immer ein technisches Hilfsmittel für die okklusale Restauration bleibt, bei der die Modellation der Molarenhöcker von der Wechselbeziehung zwischen der Kondylarbewegung und

und Frontzahnführung abhängt. (137) Die Erwartungen, ein Artikulator könnte die Kieferbewegungen nachvollziehen, müssen wir weitgehendst einschränken - wir können nur teilweise die zahngeführten Bewegungen reproduzieren.

Die willkürlichen Öffnungs- und Schließbewegungen stimmen in keiner Phase mit einer Scharnierbewegung überein.

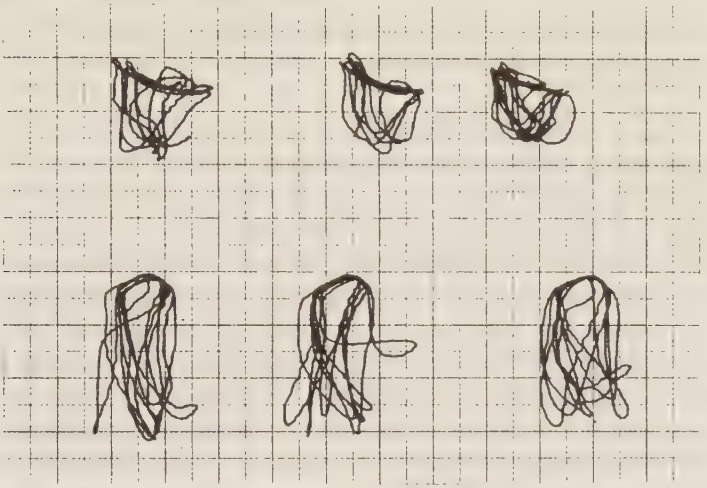
Bei der funktionellen Bewegung existieren keine Achsen!

2. Individualität der Bewegungsmuster

Jedes Individuum hat sein eigenes charakteristisches funktionelles Kinetik-Muster. (162) Die Bewegungen sind begrenzt, doch typisch für den einzelnen. Diese Charakteristik geht so weit, daß Vergleiche mit der Individualität der Unterschrift gezogen werden. (131) Die Muster sind nie identisch, sie sind "ähnlich".

Bei den Variabilitätsvergleichen (i) sehen wir, daß die Muster nie identisch sind; sie sind ähnlich. Auch die bei den Bewegungsvergleichen (ii) festgestellte Symmetrie mit X- bzw. Z-Achse als Symmetrieachse und die "Mitte"-Reproduzierbarkeiten (siehe IX.5., X. i)) sind Ausdruck der Individualität der Unterkieferbewegungen. Dies trifft insbesondere für die Kaumuster zu.

Abbildung 31: Individualität der Kaumuster mit der Musterverkleinerung



In diesem Zusammenhang sollen zwei interessante Phänomene beschrieben werden:

1. Wir beobachteten, wie Gibbs (138), eine Kaumusterverkleinerung, obwohl bei unserem Testbolus die mastikulatorische Bolus-Verkleinerung in diesem Maß gar nicht möglich war. Unsere Erklärung dafür ist, daß die zentrale Kaubewegungsüberwachung die Bewegungssteuerung fortlaufend auf ein zentral eingespeichertes Bewegungsmuster überträgt. Es geht in diesem Fall nicht "automatisch", da der Bolus "ungewöhnlich" ist: seine "Gefährlichkeit" wird überprüft und durch die fortschreitende "Erkennung" die Bewegung reduziert und dem Bolus angepaßt. Solche Kaumusterverkleinerung ist z.B. beim Wildessen mit Verdacht auf Schrotkugeln nicht möglich, da die "Gefährlichkeit" der Speise nicht abnimmt.

2. Beim Patienten No. 8 beobachten wir bei den Grenzbewegungen große kinetische Diskoordination. Die Kaubewegungen dagegen zeigen verhältnismäßig ungestörte Muster. Anhand dieser Tatsachen können wir

diagnostizieren, daß die Störung nicht im okklusären Bereich, sondern im zentralen Kieferbewegungsüberwachungsorgan statt auf der "übertriebenen Aufmerksamkeit" liegt, da die weitgehend unbewußten Kaumuster ungestört erscheinen.

3. Raumordnungsgefühl und Zahngleitbewegungen

Lundeen (136) hat gezeigt, daß natürliche Frontzähne in den meisten Fällen dominant sind im Einfluß auf die "hintere" Kiefergrenzbewegung. Auch wir bestätigen mit den Variabilitätsvergleichen (i) diese Beobachtung. Gleichzeitig widersprechen wir Kohno (112) mit unserer Kau- und Grenzmustergegenüberstellung (iii), der behauptet, die Kaubewegungen würden die Grenzmuster nicht erreichen. Wir beobachten beim Ankommen der Kaubewegung an die Grenzmuster abrupte Bewegungsrichtungsänderungen, die als Gleitkontakte (189) eindeutig feststellbar sind. Über die Okklusionsbeziehungen hinaus geht die Lage- und Bewegungsinformationsdominanz auf die Kiefergelenke über.

Erscheinungen wie Medianisierung (siehe IX. 3.), Überschwung (siehe IX. 4.), v-z retral z-a (siehe IX. 7.3.) sind Ausdrücke der gegenseitigen Dominanzverschiebung zwischen den Afferenzen der Parodontien, Pulpa und Zahnhartsubstanzen gegen die der Kiefergelenkskapsel. Es geht sogar so weit, daß auf der einen Seite die individuelle Bewegungs-"Mitte" (siehe X. i)) ein reproduzierbarer Punkt ist, auf der anderen Seite ist die Lageinformation der Zähne viel differenter und genauer (es sind auch festere, meist resilienzfreie Strukturen).

Die Vergleichbarkeit zwischen der "Myozentrik" und der habituellen Position, die wir unseren Patienten nach der okklusalen Rehabilitation geboten haben (siehe IV.: Patientenuntersuchung), ist bei Bewegungen möglich, die nur in der Sagittalebene stattfinden, wie z.B. "vaz" (und nicht immer bei der Kaubewegung!). Die erzielte große Übereinstimmung spricht für die von uns verwendete Übertragungsmethode. (50, 52)

4. Bewegungskoordination

Der Grad der Bewegungskoordination ist ein Maßstab für die Wechselbeziehung der individuellen neuromuskulären Aktivität. (162)

Unsere Probanden haben die "lvrz"-Bewegung als die "schwierigste" empfunden; sehr "leicht" ist ihnen die Bewegung "vaz" vorgekommen. Ein in diesem Zusammenhang sehr interessantes Phänomen war, daß viele geklagt haben, die Bewegung von "rechts-lateral" nach "vor" (bei rvlz) sei sehr schwierig bzw. nicht ausführbar! Die Bewegung von "links-lateral" nach "vor" haben sie davor mühelos ausgeführt.

Die Untersuchungen der Übergangsschärfe (siehe IX. 1.) und der Schlingenaufzeichnung (siehe IX. 2.) bringen u.a. die neuromuskuläre Koordinationsfähigkeit in den lateralen Grenzbereichen zum Ausdruck. Wir müssen zuerst immer die Komplexität der Bewegung, die Anzahl und die Wertigkeit der beteiligten Strukturen (siehe Bahnendivergenz, X. i)) beachten, um eine Bewegung bzw. Bewegungskoordination erfassen zu können. Es gilt auch für die Kaumusterauswertung: Wir müssen die paraokklusaren Bereiche anders verstehen als die lateralen.

Bei den scharfen Bewegungsübergängen (siehe IX. 1.) diagnostizierte gute Koordination und "Impulsstreuung" der benötigten Muskelpartien soll nicht als Gegenstand der Rest- bzw. Immernoch-Kontraktion (siehe Überschwung IX. 4., "Crossing-over" IX. 7.2.) der zu relaxierenden Muskulatur aufgefaßt werden. Sie ist ein Ausdruck der Koordination, aber nicht allein ein pathologisches Zeichen. Diese Art von Musterverschiebung kann auch ein Begriff der erhöhten Kontraktionsfähigkeit der Primärmuskulatur sein (siehe Empfundene Mitte, IX. 5., IX. 7.2.,Bewegungsmustervergleiche X. ii)), die die Anfangs- bzw. Hauptbewegung mittragen.

5. Rückschlüsse auf das Kiefergelenk

Bei den kinesiographischen Aufzeichnungsmethoden kann man über die allgemeinen Koordinationsuntersuchungen hinaus, die die Kiefergelenke schon meist einbeziehen, oft noch gesondert Rückschlüsse über das Gelenkverhalten ziehen.

So können wir meist Dislokationen wie craniale Gelenkköpfchenverlagerung, Prolaps und Diskussubluxation diagnostizieren (siehe u.a. IX. 1., IX. 2., IX. 6.).

Über die Seitendominanzvergleiche können wir hervorragend die Arthroseformen feststellen bzw. auf Muskelantrophien schließen.

6. Meidemechanismen

Hannam (82) hat gezeigt, daß Patienten mit parafunktionellen Aktivitäten ihrerseits ähnliche anatomische und physiologische "Grundlagen" in ihrem mastikatorischen System aufweisen. Was wir über ein System lernen, ist größtenteils übertragbar auf ein anderes.

Unter Einbeziehung der Bewegungsindividualität unterstützen wir diese Auffassung, doch durch die Feststellung einer "Parafunktion" ist noch lange kein pathologischer Zustand diagnostiziert worden.

Diese Unterscheidung ist meist bei den Meidemechanismen schwierig. Es ist aber entscheidend festzustellen, ob einer Bewegung ein physiologischer Schutz- oder ein pathologischer Ausweichmechanismus zugrunde liegt. So ist bei dem Frontzahnschutzmechanismus (IX. 4., IX. 7.) die "Parafunktion" ein Schutz vor der traumatischen, horizontalen Frontzahnbelastung. Ein "weicher" Übergang im Grenzbereich kann dagegen die Ursache in dem terminalen Bereich des kontralateralen Kiefergelenks sein (siehe IX. 1.).

Ein von uns gefundendes, eindeutiges pathologisches Zeichen für eine Störung in der Kinematik des Unterkiefers ist die posteriore Lage

des Kaumusters im Verhältnis zur neuromuskulär gesteuerten "vor - auf - zu"-Grenzbewegung (siehe X. iii)).

Bei allen diesen Patienten haben wir bei der individuellen Analyseauswertung Dyskoordinationen und Dyskinesien festgestellt.

7. Schlußfolgerung

Im Rahmen unserer kinesiographischen Untersuchungen haben wir in bezug auf die therapeutischen Maßnahmen festgestellt, daß ein störungsfreies Funktionieren der stomatognathen Elemente nur auf der Basis eines relaxierten neuromuskulären Systems zu erzielen ist. Jede manipulierte Positionierung des Unterkiefers in eine zentrische Relation bringt die Muskulatur in einen unphysiologischen Spannungszustand und muß vermieden werden.

Die Annahme einer bestimmten Kieferposition als eine absolute Größe ist aufgrund der neuromuskulären Steuerungsmechanismen nicht berechtigt.

Wir müssen versuchen, innerhalb eines möglichst geringen Anpassungsspielraums das überhaupt mögliche Equilibrium zu finden, um für die den Patienten angebotene Rekonstruktion selber nicht bereits die Anpassungsfähigkeit des stomatognathen Systems aufzubrauchen. (50)

E. ZUSAMMENFASSUNG

Für die Untersuchung der Kieferkinematik stand dem Autor der Sirognathograph (Siemens AG, Bensheim) zur Verfügung, ein Gerät, das über ein Magnetfeld nahezu interferenzfrei die okkluso-artikulären Verhältnisse und die freien Unterkieferbewegungen räumlich zu erfassen ermöglicht.

Mit einer Überprüfung der Arbeitsweise des Sirognathographen wurde sein metrisches Verhalten dargestellt und durch eine neuartige Interpretation das Arbeitssystem erklärt. Eine weitere Folge war die Herstellung des Magnetpositionierers (P 34 11 913.2), wodurch das Gerät für die vergleichenden Untersuchungen geeignet wurde.

In dem klinischen Teil der Arbeit wurden die neuromuskulär geführten Grenzbewegungen und die Kaubewegungen untersucht.

Durch die Beschreibung und die Interpretation von Phänomenen wie:

- Übergangsschärfe,
- Schlingenaufzeichnung,
- Medianisierung,
- Überschwung,
- empfundene Mitte,
- Seitendominanz,
- "vaz"-Bewegungsfolge,
- Kaumusterveränderung

wurde die kinesiographische Funktionsanalyse erweitert.

Die neuromuskulär geführten Unterkieferbewegungen wurden auf ihre Variabilität und ihre Reproduzierbarkeit beurteilt und im Verhältnis zu den Kaubewegungsmustern gesetzt.

Weiter wurden die Bewegungsaufzeichnungen, die wir von den Patientenmodellen im Artikulator gewonnen haben, mit der Originalvorlage verglichen.

Alle Einzelergebnisse widersprachen der mechanischen Auffassung des stomatognathen Systems.

Bei den funktionellen Bewegungen existieren keine Achsen.

Mit einem Artikulator können wir die Kieferbewegungen nicht nachvollziehen.

Jeder Patient hat sein eigenes charakteristisches Kinetik-Muster.

Die Kaumusterverkleinerung ist ein Ausdruck der zentralen Kaubewegungsüberwachung.

Das Raumordnungsgefühl hängt von den Rezeptoren der gerade dominierenden Struktur ab.

Die Bewegungskoordination und die "Impulssteuerung" sind ein Maßstab für die Wechselbeziehung der individuellen neuromuskulären Aktivität.

Die Unterscheidung zwischen Parafunktionen und Meidemechanismen ist teilweise schwierig, doch entscheidend.

Die posteriore Lage des Kaumusters im Verhältnis zur neuromuskulär gesteuerten "vor-auf-zu"-Grenzbewegung ist ein pathologisches Zeichen.

Die Annahme einer bestimmten Kieferposition als eine absolute Größe ist nicht berechtigt.

Der Autor sieht die kinesiographischen Befunde als eine sinnvolle Erweiterung der instrumentellen Funktionsanalyse an.

SCHRIFTTUM

1. ADAMS, S.H. und ZANDER, H.A.: Functional tooth contacts in lateral and in centric occlusion. J. Amer. dent. Ass. 69, 465 (1964.

2. AI, M.: Pain of Masticatory Muscle. Bull. Tokyo Med. Dent. Univ. 21 (Suppl.): 104-106, 1974.

3. ANDERSON, D.J. und MATHEWS, B. (1976): Dentinal and Periodontal Sensory Mechanisms. Frontiers of Oral Physiology, vol. 2, pp. 38-50 Basel: Karger.

4. APRILE, H. und SAIZAR, P.: Gothic arch tracing and temporomandibular anatomy, J. Amer. dent. Ass. 35, 245 (1947).

5. ATKINSON, H.F.: Research into mastication. Aus. dent. J. 21, 23 (1976).

6. AULL, A.E.: Condylar determinations of occlusal patterns. J. prosth. Dent. 15, 826 (1965).

7. Axiograph - Gebrauchsanleitung SAM-Präzisionstechnik, München

8. BALKWILL, F.H.: The best form and arrangement of artificial teeth for mastication. Trans Odont Soc Gr Brit. 5: 133-158, 1865.

9. BECK, D.B. und KNAP, F.J.: Reliability of a fully adjustable articulators using a computerized analysis. J. prosth. Dent. 35, 630 (1976).

10. BEKK, W.: Die prothetisch nutzbare Gelenkbahn. Med. Diss. Basel 1949.

11. BENNETT, N.G.: A contribution to the study of movements of the mandible. Proc. R. Soc. Med. 1, 79 (1908). Repr. in J. prosth. Dent. 8, 41 (1958).

12. BENNINGHOFF, A. und GOERTTLER, K.: Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Bd. I. Urban & Schwarzenberg, München-Berlin 1960.

13. BERRY, jr. H.M. und HOFMANN, F.A.: Cineradiographic observations of temporomandibular joint function. J. prost. Dent. 9, 21 (1959).

14. BEWERSDORFF, H.-J.: Elektrognathographie. Dtsch. Z-,M-,K. Bd. 48, H. 3/4 (1967). S. 101-119.

15. BEYRON, H.: Occlusal relations and mastication in Australian Aborigines. Acta Odontol Scand. 22: 597-678, 1964.

16. BEYRON, H.L. (1954): Occlusal changes in adult dentition. J.A.D.A. 48 p. 674.

17. BEYRON, H.L.: Characteristics of functionally optimal occlusion and principles of occlusal rehabilitation. J. Amer. dent. Ass. 48, 648 (1954).

18. BOCK, O., ORTLIEB, R. und OTT, K.: Untersuchungen über die Brauchbarkeit des Mandibular-Kinesiographen (MKG). Dtsch. zahnärztl. Z. 33, 639 (1978).

19. BONWILL, W.G.A.: The science of the articulation of artificial dentures. Dent Cosmos. 20: 321-324, 1878.

20. BONWILL, W.G.A.: The scientific articulation of the human teeth as founded on geometrical, mathematical and mechanical laws. Dent Items of Interest. 21: 617-636, 1899.

21. BOUCHER, L.J. und JACOBY, J.: Posterior border movements of the human mandible. J. prosth. Dent. 11, 836 (1961).

22. BOUCHER, L.J.: Anatomy of the temporomandibular joint as it pertains to centric relation. J. prosth. Dent. 12, 464 (1962).

23. BOUCHER, L.J.: J. Prosth. Dent. 11 (1961) 836.

24. BREITZ, L.: Some Movements of the Mandibular Mid-Incisor Point, in a Selected Group of Subjects, During the Mastication of Soft and Hard Boluses. Masterwork, Johannesburg 1982

25. BREWER, A.A. und HUDSON, D.C.: Application of miniaturized electronic devices of the study of tooth contact in complete dentures. J. prost. Dent. 11, 62 (1961).

26. BUTLER, J.H. und ZANDER, H.A.: Evaluation of two occlusal concepts. Parodontology and Academy Review 2, 5 (1968).

27. BUTLER, J.H. und STALLARD, R.E.: Effect of occlusal relationship on neurophysiological pathways. J. periodont. Res. 4, 141 (1969).

28. BUTLER, J.H.: Recent research on physiology of occlusion. Dent-Clinic. North. Amer. 13, 555 (1969).

29. BYERS, M. (1977): Fine structure of trigeminal receptors in rat molars. In Pain in the trigeminal region, ed. Anderson & Mathews. Elsevier/North Holland: Biomedical Press.

30. CAESAR, H.H. und BRUNNER, B.: Ein Beispiel für die volle Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit und Ästhetik im Ober- und Unterkiefer I. Quintessenz, Farbbildatlas B1. 718 (1976).

31. McCALL, W.D., UTHMANN, A.A. und MOHL, N.D.: TMJ symptom severtiy and EMG silent periods, J. dent. Res. 57, 709 (1978).

32. CARLSSON, G.E., BRATT, C.-M., HELKIMO, M. und INGERVALL, B.: Die Ruheschwebelage ("Haltungslage") des Unterkiefers. Eine kineradiographische Studie über die Registrierung der Kiefergelenkkapseln mit und ohne Anästhesie. Dtsch. zahnärztl. Z. 28, 443 (1973).

33. CELENZE, F.V.: Kondylenstellung in der maximalen Interkuspidation. In: Okklusion - Der Stand der Wissenschaft. Hrsg. CELENZA, F.V. und NASEDKIN, J.N. Die Quintessenz, Berlin - Chicago - Rio de Janeiro - Tokio 1979.

34. CLAYTON, J.A., KOTOWICZ, W.E. und MYERS, G.E.: Graphic recordings of mandibular movements: Research Criteria. J. prosth. Dent. 25, 287 (1971).

35. CLAYTON, J.A., KOTOWICZ, W.E. und ZAHLER, J.M.: Pantographic tracings of mandibular movements and occlusion. J. prosth. Dent. 25, 389 (1971).

36. McCOLLUM, B.B. und STUART, C.E.: A research report. Scientific Press, South Pasadena USA 1955.

37. McCOY, R.B., SHRYOCK, R.F. und LUNDEEN, H.C.: A method of transferring mandibular-movement data to computer storage. J. prosth. Dent. 36, 510 (1976).

38. CRUM, R.: Oral perception and proprioception. J. prosth. Dent. V.28.N.2.

39. EDMISTON, G.F. und LASKIN, D.M.: Changes in consistency of occlusal contact in myofascial pain-dysfunction (MPD syndrome. J. dent. Res. 57, 27 (1978).

40. EICHNER, K.: Röntgenkinematographische Studien der Bewegung des Kondylus zahnloser Patienten. Dtsch. zahnärztl. Z. 22, 251 (1967).

41. ESCHLER, J.: Muskelanatomische und -physiologische Gesichtspunkte für die Entstehung des Distalbisses mit Bemerkungen zur Therapie. Fortschr. Kieferorthop. 22, 220 (1961).

42. ESCHLER, J.: Kaumuskelfunktion und Lateralverlagerung des Unterkiefers. Fortschr. Kieferorthop. 23, 167 (1962).

43. ESCHLER, J.: Das Verhalten der Kiefer- und Gesichtsmuskulatur beim Zahnlosen. Die Therapiewoche 13, 69 (1963).

44. ESCHLER, J.: Zur Physiologie und Pathologie der Ruhelage des Unterkiefers. Fortschr. Kieferorthop. 26, 31 (1965).

45. FLEISCHHAUER, H.: Zur funktionellen Anatomie des Kiefergelenks (Vergleichende Untersuchung über die extraoralen Aufzeichnungen von stützstiftgeführter und zahngeführter sagittaler Kondylenbahn). Med. Diss. Freiburg 1978.

46. FRÖHLICH, F.: Das Bestimmen der horizontalen und vertikalen Kieferrelationen. In: Praxis der Zahnheilkunde. Hrsg. HAUNFELDER, D., HUPFAUF, L., KETTERL, W. und SCHMUTH, G., Bd. 3, C 17. Urban & Schwarzenberg, München - Wien - Baltimore 1969, 1977.

47. FUCHS, P., BOOS, W. und LAUB, M.: Experimentelle Untersuchungen zur Behandlung von funktionellen Kiefergelenksbeschwerden mit Aufbißplatten. Dtsch. zahnärztl. Z. 27, 383 (1972).

48. FUCHS, P. und WEIDLICH, V.: Experimentelle Untersuchungen über die Beeinflussung der nächtlichen Kaumuskelaktivität durch Okklusionsstörungen. Dtsch. zahnärztl. Z. 28, 1064 (1973).

49. FUCHS, P.: Möglichkeiten und Grenzen der Elektromyiographie (EMG). Dtsch. zahnärztl. Z. 31, 712 (1976).

50. FUCHS, P.: Kiefergelenksbehandlung als präprothetische Maßnahme. D. 2235, 662-665 (1980).

51. FUCHS, P.: Vorbehandlung und Perspektive des partiellen Zahnersatzes, in: DRÜCKE/KLEMT: Konzepte in der Teilprotheik. QV. Berlin 1982.

52. FUCHS, P.: Persönliche Mitteilungen

53. GERBER, A.: Die Bewegungen des Unterkiefers und deren Wiedergabe im Artikulator. Zahnärztl. Welt 5, 464 (1950).

54. GERBER, A.: Entwicklungen auf dem Gebiet der Vollprothese. Dtsch. zahnärztl. Z. 14, 355 (1959).

55. GERBER, A.: Ästhetik, Okklusion und Artikulation der totalen Prothese. Öst. Z. Stomat. 61, 46 (1964).

56. GERBER, A.: Logik und Mystik der Kiefergelenkbeschwerden. I + II. Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 74, 687, 879 (1964).

57. GERBER, A.: Okklusionslehre, Okklusionsdiagnostik und Okklusionsbehandlung im Wandel unserer Aspekte. Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 80, 447 (1970).

58. GERBER, A.: Kiefergelenk und Zahnokklusion. Dtsch. zahnärztl. Z. 26, 199 (1971).

59. GERBER, A.: Registriertechnik für Prothetik, Okklusionsdiagnostik, Okklusionstherapie. Condylator Service, Zürich 1974.

60. GERBER, A.: Grundsatzreferat zur zahnärztlichen Prothetik 1977. Quintessenz 3: 1, Ref.Nr. 5578 (1977).

61. GERNET, W.: Funktionsanalysen im stomatognathen System, Hauser Verlag, 1982.

62. GIBBS, C.H., MESSERMAN, T. und RESWICK, J.B.: Functional movements of the mandible. Engineering Design Center Report. EDC-4-69-24. Cleveland, OH, Case Western Reserve University, 1969.

63. GIBBS, Ch.: Nachahmung von UK-Bewegungen. Registrierung der UK-Bewegungen. Int. Symposium. Göttingen 1981.

64. GLICKMAN, I., PAMEIJER, J. und ROEBER, F.W.: Intraoral occlusal telemetry I. A multifrequency transmitter for registering tooth contacts in occlusion. J. prosth. Dent. 19, 60 (1968).

65. GLICKMAN, I., HADDAD, A.W., MARTIGNONI, M., MEHTA, N., ROEBER, F.W. und CLARK, R.E.: Telemetric comparison of centric relation and centric occlusion reconstructions. J. prosth. Dent. 31, 527 (1974).

66. The Glossary of Occlusal Terms of the International Acadmey of Gnathology (Sept. 1979).

67. GÖPFERT, H. und GÖPFERT, C.: Die Restaktivität in der ruhenden Muskulatur des Mundes und des Kauapparates. Dtsch. zahnärztl. Z. 9, 357 (1954).

68. GÖPFERT, H. und GÖPFERT, C.: Funktionelle Beziehungen zwischen Masseter- und Temporalis-Muskulatur in der Darstellung ihrer Aktionsräume. Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 1530 (1955).

69. GÖPFERT, C.: Über die Einwirkung von Zahnschmerz und von Schmerzreizen der Gesichtshaut auf den reflektorischen Tonus der Kaumuskulatur. Dtsch. zahnärztl. Z. 11, 76 (1956).

70. GOODKIND, R.J., BUTLER, J.H. und SCHULTE, R.C.: Tooth contact relationship as revealed by intraoral telemetry (A preliminary report). Northwest Dentistry 49, 362 (1970).

71. GOODSON, J.M. und JOHANSEN, E.: Analysis of human mandibular movement. In: Monographs in oral science 5, Hrsg. MYERS, H.M. Karger, Basel - München - Paris - London - New York - Sidney 1975.

72. GORDON, jr. T.E.: Comparison of kineseography of myasthenia gravis and normal jaw movements. J. dent. Res. 56, Special Issue A, 91 (1977).

73. GORDON, jr. T.E.: Alteration of patient chewing patterns by occlusal modification - Clinical kineseology. J. dent. Res. 56, Special Issue B, 237 (1977).

74. GORDON, jr. T.E.: Kineseography of orofacial dyskinesia; certain diagnostic criteria. J. dent. Res. 57, Special Issue A, 303 (1978).

75. GORDON, jr. T.E.: Alteration of patient chewing patterns after occlusal modification. Quintessenz International 3, Rep. 1734 (1979).

76. GRABER, G.: Registrierung und Stress. Registrierung der UK-Bewegungen. Int. Symposium, Göttingen 1981.

77. GRASSL, H.: Opto-elektronic monitoring of mandibular movements. J. dent. Res. 57, Special Issue A, 302 (1978).

78. GUICHET, N.F.: Procedures for occlusal treatment. Denar Corp. Anaheim Calif. 1969.

79. GYSI, A.: The problem of articulation. Dent Cosmos. 52: 1-19, 1910.

80. HANNAM, A.G., DeCOU, R.E., SCOTT, J.D. und WOOD, W.W.: The relationship between dental occlusion, muscle activity and associated jaw movement in man. Arch. oral Biol. 22, 25 (1977).

81. HANNAM, A.G. und WOOD, W.W.: Muscle activity and jaw displacement during unilateral chewing in man. J. dent. Res. 56, Special Issue B, 230 (1977).

82. HANNAM, A.G.: Mastication in man, in: P. BRYANT, E. GALE und J. RUGH (eds.): Oral Motor Behavior - Impact on Oral Conditions and Dental Treatment. Washington, DC, US Government Printing Office, Dept. of HEW. NIH Publication No. 79-1845, 1979, pp 87-118.

83. HANNAM, A.G.: The kinesiographic measurement of jaw displacement. J.P.D. 44 No. 1, 88-93 (1980).

84. HANNAM, A.G., MATHEWS, B. und YEMM, R. (1971): Receptors involved in the response of the masseter muscle to tooth contact in man. Brain Research 32, 369-381.

85. HANAU, R.L.: Dental engineering: the shape of the condyle paths in the performance of mastication, and the importance of their correct reproduction in the articulator mechanism. Dent Dig. 28: 2-7, 1922.

86. HEDEGARD, B. und LANDT, H.: Funktionelle Gebißanalyse aus skandinavischer Sicht, prothetische Gesichtspunkte. Dtsch. zahnärztl. Z. 26, 114 (1971).

87. HICKEY, J.C., ALLISON, M.L., WOELFEL, J.B., BOUCHER, C.O. und STACY, R.W.: Mandibular movements in three dimensions. J. proth. Dent. 13, 72 (1963).

88. HIELSCHER, W.: Zur Kiefergelenk-Diagnostik auf röntgenologischem Gebiet unter Zuhilfenahme kinematrographischer Studien der kondylären Bewegungsbahnen. Dtsch. zahnärztl. Z. 16, 1210 (1961).

89. HIELSCHER, W.: Therapeutische Möglichkeiten bei kondylären Bewegungsströrungen. Dtsch. zahnärztl. Z. 20, 1181 (1965).

90. HILDEBRAND, G.: Studies in the Masticatory movementes of the human lower jow. Skand. Arch. Physiol. Suppl. 61. Berlin - Leipzig 1935.

91. HONEE, G.L.J.M. und DeVRIES, J.H.: Aspects of functional improvement after treatment of a pain dysfunction. J. oral Rehab. 4, 131 (1977).

92. HOSSNER, R.: Röntgenkinematographische Studie über die Bewegung der Kondylen im Kiefergelenk während einer Stützstiftregistrierung. Med. Diss. München 1973.

93. HÜLS, A. und SCHULTE, W.: Computertomographie von Kiefergelenken und Kaumuskulatur. "Die Quintessenz", 1982/10, Ref. 6417.

94. INGERVALL, B.: Range of sagittal movement of the mandibular condyles and inclination of the condyle path in children and adults. Acta odont. Scand. 30, 67 (1972).

95. ISHIKAWA, J.: Effect of Occlusal Disharmony on Masticatory System. Bull. Tokyo Med. Dent. Univ., 21 (Suppl.): 107-114, 1974.

96. JANKELSON, B., HOFFMANN, G.M. und HENDRON, J.A.: The physiology of the stomatognathic system. J. Amer. dent. Ass. 46, 375 (1953).

97. JANKELSON, B.: Functional positions of occlusion. J. prosth. Dent. 30, 559 (1973).

98. JANKELSON, B., SWAIN, C.W., CRANE, P.F. und RADKE, J.C.: Kinesiometric instrumentation: A new technology. J. Amer. dent. Ass. 90, 834 (1975).

99. JANKELSON, B. und RADKE, J.C.: The Myo-Monitor: Its use and abuse I + II. Quintessenz International, 2: 47, 3: 35, Report 1601 (1978).

100. JANKELSON, B.: Persönliche Mitteilung.

101. JANKELSON, B.: Mandibular-Kinesiograph: Quantitative accuracy for clinical occlusal diagnosis. Unveröffentlicht (1979).

102. JANKELSON, B.: Persönliche Mitteilung.

103. JANKELSON, B.: Funktionsanalyse bei Kiefergelenkerkrankungen. Fortbildungsveranstaltung der Südbadischen Zahnärztegesellschaft in Freiburg (1979).

104. JANKELSON, B.: Neuromuskuläre Registrierung der Okklusion. Vortrag: Wissenschaftliche Jahrestagung der Dt. Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V. in Freiburg (1979).

105. JEMT, T., KARLSSON, S. und HEDEGARD, B.: Mandibular movements of young adults recorded by intraorally placed light-emitting diodes. J. Prosthet Dent. 42: 669-673, 1979.

106. JONIOT, B.: Physiologic mandibular resting posture. J. proth. Dent. 31, 4 (1974).

107. JOSS, A.: Three-dimensional models of mandibular occlusal gliding movements. J. dent. Res. 57, Special Issue A, 77 (1978).

108. KAWAMMA, Y.: Recent concepts of the physiology of mastication. Arch. oral Biol. (1964) 77.

109. KLATSKY, M. (1940): A cinethiorographic study of the human masticatory apparatus in function. American J. Orthodont. and Oral Surgery. 26: 664.

110. KLINEBERG, I.J. und ASH, jr. M.M.: Some temporomandibular articular reflex effects on jaw muscles. J. dent. Res. 57, Special Issue A, 130 (1978).

111. KÖRBER, K.: Zahnärztliche Prothetik. Thieme V. Stuttgart 1975

112. KOHNO, S.: Unterkieferbewegung und prothetische Versorgung. "Die Quintessenz" 1982/11. Ref. 6427.

113. KOIVUMAA, K.: Cinefluorographic analysis of the masticatory movements of the mandible. Suom Hammaslaak Toim. 57: 306-336, 1961.

114. KOIVUMAA, K. und KALERVO, K.: Eine Röntgenfilmuntersuchung über die Kaubewegungen des Unterkiefers. Suom. Hammasläät. toim 57, 278 (1961), Referat: Zahnärztl. Praxis 13, 245 (1962).

115. KOVALESKI, W.C. und DeBOEVER, J.: Influence of occlusal splints on jaw position and musculature in patients with temporomandibular joint dysfunction. J. prosth. Dent. 33, 321 (1975).

116. KRAFT, E.: Möglichkeiten und Grenzen elektromyographischer Untersuchungsmethoden in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Dtsch. zahnärztl. Z. 18, 904 (1963).

117. KRAFT, E.: Über elektromyographische Untersuchungen kiefergelenkkranker Patienten. Dtsch. zahnärztl. Z. 18, 1399 (1963).

118. KRAFT, E.: Grundlage der Muskelphysiologie im Hinblick auf die funktionelle Gebißanalyse. Dtsch. zahnärztl. Z. 26, 142 (1971).

119. KUBEIN, D., STACHNISS, V. und KRÜGER, W.: Zur Frage physiologischer Kondylenpositionierung. Zahnärztl. Welt 88, 422 (1979).

120. KUBEIN, D.: Teilaspekte eines Konzeptes für die Kiefergelenkfunktion. D. 2.2.35, 631-634, 1980.

121. KURTH, L.E., J. Amer. Dent. Ass. 29 (1942) 1769.

122. KYDD, W.L.: Rapid serial roentgenographic cephalometry for observing mandibular movements. J. prosth. Dent. 8, 880 (1958).

123. LANDA, J.S.: A critical analysis of the Bennett movement. Part I + II. J. prosth. Dent. 8, 709, 865 (1958).

124. LEE, R.L.: Jaw movements engraved in solid plastic for articulator controls. Part I, II. J. prosth. Dent. 22, 209, 513 (1969).

125. LEE, R.L.: Erkenntnisse über die Bennettbewegung. Registrierung der UK-Bewegungen. Int. Symposium, Göttingen 1981.

126. LEMMER, J., LEWIN, A. und van RENSBURG, L.B.: The measurement of jaw movement. Part I, II. J. prosth. Dent. 36, 211, 312 (1976).

127. LEWIN, A., van RENSBURG, L.B. und LEMMER, J. (1974): A method of recording the movement of a point on the jaws. Journal of the Dental Association of South Africa. 29, 395–397.

128. LEWIN, A.: The Effective Resistance of the Teeth. J.D.A.S.A. V. 31. No. 12. pp. 621–624.

129. LEWIN, A., NICKEL, B.: The full description of jaw movement. J.D.A.S.A., 33, 261–267 (1978).

130. LEWIN, A.: A neurological basis for operative dentistry. J. of the D.A.S.A., 35, 307–310 (1980).

131. LEWIN, A.: Persönliche Mitteilungen.

132. LIPKE, D.P., GAY, T., GROSS, B.D. und YAEGER, J.A.: An electromyographic study of the human lateral pterygoid muscle. J. dent. Res. 56, Special Issue B, 230 (1977).

133. LOEWENSTEIN, W. und RATHKAMP, R.: A Study on the Pressoreceptive Sensibility of the Teeth. J. Dent. Res. V. 34, 1955/2, 287–293.

134. LUCE, C.E.: Boston Med. Surg. J. 121 (1889) 8.

135. LUDWIG, P.: Unterkieferbewegungen und Gelenkfunktion. Dtsch. zahnärztl. Z. 30, 27 (1975).

136. LUNDEEN, H.C., SHYROCK, E.F. und GIBBS, C.H.: An evaluation of mandibular border movements: their character and significance. J. Prosthet. Dent. 40: 442–451, 1978.

137. LUNDEEN, H.: Bedeutung der kondylären Grenzbewegung. Registrierung der UK-Bewegungen. Inf. Symposium, Göttingen 1981.

138. LUNDEEN, H., GIBBS, C.H.: Advances in Occlusion. John Wright, PSG Inc., Boston 1982.

139. LUPKIEWICZ, S.M., ARIET, M., FUJIMOTO, J., GIBBS, C.H., LUNDEEN, H.C. und MAHAN, R.E.: Reproducibility of border movements. Part I: Computer Methods for Standardized Measurements. J. dent. Res. 57, Special Issue A, 166 (1978).

140. MACHENS, J. und HENERS, M.: Elektronische Untersuchungen zur biologischen Toleranz der Unterkiefergrenzbewegungen. Vortrag, gehalten auf der Jahrestagung für Prothetik und Werkstoffkunde, Göttingen 1979.

141. MACK: Instrumentelle Erfassung des okkluso-artikulären Systems in Kiefergelenk und Okklusion. QV, Berlin 1980.

142. MAGNOIRE, H.: Electrophysiological Properties of Human Dental Pulp Cells. Jour. Biol. Buccale, vol. 7, pp. 251–262, 1979.

143. MAHAN, P.E., LUNDEEN, H.C., LUPKIEWICZ, S.M., FUJIMOTO, J., ARIET, M. und GIBBS, C.H.: Reproducibility of border movements. Part II: Sensitivity to Condylar Recording Point Location. J. dent. Res. 57, Special Issue A, 166 (1978).

144. MAROLT, A.: Röntgenologische Untersuchungen über die Bewegungen der Kondylen beim Seitbiß. Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 66, 183 (1956).

145. MESSERMANN, Th.: A means for studying mandibular movements. J. prosth. Dent. 17, 36 (1967).

146. MØLLER, E. und BAKKE, M.: Influence of unilateral premature contact on maximal bite. J. dent. Res. 57, Special Issue A, 131 (1978).

147. MOFFET, B.: Eine biologische Betrachtung der zentrischen Relation aufgrund der skelettalen und bindegewebigen Reaktion. In: Okklusion - Der Stand der Wissenschaft. Hrsg. CELENZA, F.V. und NASEDKIN, J.N. Die Quintessenz, Berlin - Chicago - Rio de Janeiro - Tokio 1979.

148. OTT, K.: Quantitative Auswertung von Aufzeichnungen nach Stuart-Pantografie. I. Zur Methode, II. Geometrische Grundlagen, Dtsch. zahnärztl. Z. 32, 218 (1977).

149. OWENS, St. E., LEHR, R.P. und BIGGS, N.L.: The functional significance of centric relation as demonstrated by electromyography of the lateral pterygoid muscles. J. prosth. Dent., 33, 5 (1975).

150. POSSELT, U.: Studies in the mobility of the human mandible. Acta odont. Scand. 10, Suppl. 10. Copenhagen (1952).

151. POSSELT, U.: Terminal hinge movement of the mandible. J. prosth. Dent. 7, 787 (1957).

152. POSSELT, U.: Range of movement of the mandible. J. Amer. dent. Ass. 56, 10 (1958).

153. POSSEL, U.: Physiology of occlusion and rehabilitation. Blackwell Scientific Publications Oxford - Edingburgh 1968.

154. POWELL, R.N.: Tooth contact during sleep: Association with other events. J. dent Res. 44, 959 (1965).

155. PREISKEL, H.: Bennett's movement. A study of human lateral mandibular movement. Brit. dent. J. 129, 372 (1970).

156. PRUIM, G.J., TEN BOSCH, J.J. und DeJONGH, H.J.: Jaw muscle Emg-activity and static loading of the mandible. J. Biomechanics 11, 389 (1978).

157. PUFF, A.: Zur funktionellen Anatomie des Kiefergelenks. Dtsch. zahnärztl. Z. 18, 1385 (1963).

158. PUFF, A. und KRAUSE, G.: Röntgenkinematographische Untersuchungen am Kiefergelenk unter funktioneller Belastung. Dtsch. zahnärztl. Z. 2, 20, 189 (1965).

159. PUFF, A.: Die funktionelle Bedeutung des Kiefergelenks im orofazialen System. Stomatol. DDR 18, 141 (1968).

160. RAMFJORD, S., ASH, M.: Physiologie und Therapie der Okklusion. QV. Berlin 1968.

161. REICHENBACH, E. und HAGEN, B.: Die Feststellung der sagittalen Kieferbeziehung beim Aufbau der Totalprothese. Stoma (Heidelb.) 63, 125, 330 (1964).

162. Van RENSBURG, L.: Electrognathographics. An Introduction to the Clinician (I a. II). 'Quintessence International'. 3/82, 4/82, Leaf 515-518. Figs. 1721-1732.

163. REUBEN, B. und LASKIN, D.M.: Electromyographic analysis of masticatory muscle activity in myofascial pain-dysfunction syndrome. J. dent. Res. 56, 232 (1977).

164. SALOMON, J.A. und WAYSENSON, B.D.: Computer-monitored radionuclide tracking of three-dimensional mandibular movements. Part I: Theoretical approach. Part II: Experimental setup and preliminary results - Posselt diagram. J. prosth. Dent. 41, 340, 463 (1979).

165. SAM-Artikulator - Gebrauchsanleitung. SAM-Präzisionstechnik, München

166. SCHAERER, P., STALLARD, R.E. und ZANDER, H.A.: Occlusal interferences and mastication: An electromyographic study. J. prosth. Dent. 17, 438 (1967).

167. SCHINDLER, H.J. und BLASER, W.: T.E.N.S., ein myofunktionelles Konzept zur oralen Rehabilitation (I, II). "Die Quintessenz", 1/2/1982, Ref. Nr. 6312.

168. SCHMITTHELM, U.: Röntgenkinematographische Studien über geführte Unterkieferbewegungen zahnloser Patienten. Med. Diss. FU Berlin 1966.

169. SCHÜLE, H.: Untersuchungen zur Bewertung konservativer und chirurgischer Maßnahmen bei Kiefergelenksdysfunktion. Dtsch. zahnärztl. Z. 27, 826 (1972).

170. SCHULTE, W.: Kiefergelenkserkrankungen und Funktionsstörungen. In: SCHWENZER, N. und GRIMM, G.: Spezielle Chirurgie, Thieme 1981.

171. SCHWEITZER, H.M.: Masticatory function in man. J. Prosthet. Dent. 11: 625-647, 1961.

172. SCHWEITZER, J.: Masticatory function in man. J. Prostet. Dent. 12: 262-291, 1962.

173. SESSLE, B.J. und SCHMITT, A. (1973): Effects of controlled tooth stimulation on jaw muscle activity in man. Archives of Oral Bilogy. 17, 1597-1608.

174. SHANAHAN, T.E.J. und LEFF, A.: J. prosth. Dent. 9 (1959) 941.

175. SHEPPARD, I.M.: Effect of hinge axis clutches on condyle position. J. prosth. Dent. 8, 260 (1958).

176. Sirognathograph - Bedienungsanleitung, Siemens AG, Bensheim.

177. SLAVICEK, R. und LUGNER, P.: Über die Möglichkeit der Bestimmung des Bennettwinkels bei sagittaler Aufzeichnung. Öst. Z. Stomat. 75, 270 (1978).

178. SLAVICEK, R.: Axiographie in "Kiefergelenk und Okklusion". QV, Berlin 1980.

179. SLAVICEK, R. und MACK, H.: Messung der Auswirkung von unterschiedlichen Okklusionsbeziehungen auf die Kiefergelenke. "Informationen aus der Orthodontie und Kieferorthopädie", 1/82.

180. SNOW, G.B.: Articulation; the philosophy of mastication. Dent Cosmos. 42: 531-535, 1900.

181. SPARKS, S.L.: Memorandum to: Users of K-5 mandibular kinesiograph; Theoretical accuracy of the K-5 mandibular kinesiograph (MKG). Myo-Tronics Research, Seattle 1977.

182. SPRANGER, H.: Ultraschallschnittbilduntersuchungen der Kiefergelenke. Elektromedica 40, 160 (1972).

183. SPRANGER, H.: Ergebnisse von Ultraschall-Echountersuchungen in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Dtsch. zahnärztl. Z. 32, 695 (1977).

184. SPRENG, M.: Die Artikulatorengestaltung nach prothetischen Unterlagen. Habegger, Derendingen 1956.

185. STALING, L.M. und BUTLER, J.H.: The neurophysiology of occlusal contact evaluated electromyographically. J. dent. Res. 56, Special Issue B. 231 (1977).

186. STEINKRAUS-MAATZ, Ch.: Zur funktionellen Anatomie des Bewegungsablaufs (Röntgenkinematographischer Vergleich der Kiefergelenkbewegung am gleichen Patienten mit Totalprothesen nach unterschiedlicher Kieferrelationsbestimmung: Handbißnahme und Gerber-Prothese). Med. Diss. Freiburg 1976.

187. STUART, C.E.: Accuracy in measuring functional dimension and relation in oral prosthesis. J. prosth. Dent. 9, 220 (1959).

188. STUART, C.E.: Instructions for use of gnathological instruments. Ventura, Calif. 1973.

189. SUIT, S.R., GIBBS, C.H. und BENZ, S.T.: Study of gliding tooth contacts during mastication. J. Periodontol. 47: 331-334, 1975.

190. TYLDESLEY, W.R. (1959): The mechanical properties of human enamel and dentine. British Dental Journal, 106, 269-278.

191. ULRICH, J.: Undersölgeser over kiäleleddet has menesket med särlight hensyn tilde mekanise forhold. Med. Diss. Copenhagen (1896). Übersetzt in: J. prosth. Dent. 9, 399 (1959), von POSSELT, U.

192. WALKER, W.E.: Dent. Cosmos, Philadelphia 1896, S. 34.

193. WALKER, W.E.: Movements of the mandibular condyles and dental articulation. Dent Cosmos, 38: 573-582, 1896.

194. WAYSENSON, B. und SALOMON, J.: Three-dimensional recording of envelopes of motion related to mandibular movements. J. prosth. Dent. 38, 52 (1977).

195. WHITE, J.: A Comparison of the Movements of the Mandibular Mid-Incisor Point During Right and Left-sided Mastication in a Selected Group of Subjects. Masterwork, Johannesburg 1982.

196. WOELFEL, J.B., HICKEY, J.C. und RINEAR, L.: Electromyographic evidence supporting the mandibular hings axis theory. Dent. 7, 361 (1957).

197. X-Y-Schreiber: Operator's Manual for Modell XY 575 Recorder. Esterline Angus Company, Indiana.

198. ZIMMER, E.A.: Die Röntgenologie des Kiefergelenkes. Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 51, 949 (1941).

LEBENSLAUF

Bendel, Georg	geb. am 22. August 1957 in Myslowitz/Oberschlesien
Eltern	Bendel Karl, Metzgermeister, und Bendel Johanna, geb. Janotta
1964 - 1972	Besuch der Volksschule in Neu-Berun/Oberschlesien
1972 - 1974	Besuch der Begabtenklasse des naturwissenschaftlichen Kosciuszko-Gymnasiums in Myslowitz/Oberschlesien
seit 1974	Aufenthalt im Bundesgebiet
1974 - 1975	Besuch der Sprachenschule in Neu-Ulm
1975 - 1978	Besuch des mathematisch-naturwissenschaftlichen Rupprecht-Gymnasiums in München
1978	Abitur
1979 - 1984	Studium der Zahnheilkunde an der Ludwig-Maximilians-Universität München
1984	im Juni Staatsexamen der Zahnmedizin in München

DANKSAGUNG

Meinem Lehrer, Herrn Prof. Dr. Dr. P. Fuchs, danke ich für meine Zahnheilkunde.